



BACHELORARBEIT

Herr
Franz Deutschmann

***Magic Lantern* als Softwaremodifikation digitaler Spiegelreflexkameras – eine detaillierte Analyse der Vor- und Nachteile am Beispiel der Spielfilmproduktion *Schneeflöckchen*.**

BACHELORARBEIT

***Magic Lantern* als Softwaremodifikation digitaler Spiegelreflexkameras – eine detaillierte Analyse der Vor- und Nachteile am Beispiel der Spielfilmproduktion *Schneeflöckchen*.**

Autor/in:
Herr Franz Deutschmann

Studiengang:
Film und Fernsehen - Kamera

Seminargruppe:
FF11wK1-B

Erstprüfer:
Prof. Dr.-Ing. Rainer Zschockelt

Zweitprüfer:
Diplomkameramann Michael Schaufert

Einreichung:
Berlin, 20.06.15

BACHELOR THESIS

Magic Lantern* as a software modification of digital SLR cameras – A detailed analysis of the advantages and disadvantages of using the example of producing the feature film *Schneeflöckchen

author:

Mr. Franz Deutschmann

course of studies:

Film und Fernsehen - Kamera

seminar group:

FF11wK1-B

first examiner:

Prof. Dr.-Ing Rainer Zschockelt

second examiner:

Diplomkameramann Michael Schaufert

submission:

Berlin, 20.06.15

Bibliografische Angaben

Nachname, Vorname: Deutschmann, Franz

Magic Lantern als Softwaremodifikation digitaler Spiegelreflexkameras – eine detaillierte Analyse der Vor- und Nachteile am Beispiel der Spielfilmproduktion *Schneeflöckchen*.

Magic Lantern as a software modification of digital SLR cameras – A detailed analysis of the advantages and disadvantages of using the example of producing the feature film *Schneeflöckchen*

79 Seiten, Hochschule Mittweida, University of Applied Sciences,
Fakultät Medien, Bachelorarbeit, 2015

Abstract

Durch die Einführung von digitalen Spiegelreflexkameras mit Videofunktion, ergibt sich eine kostengünstige Möglichkeit, Filme mit einem 35mm-Look zu produzieren. Aus diesem Grund entschied sich die Produktion des Spielfilms *Schneeflöckchen* für die genannte Kamera. Aufgrund des schlechten Speicherformats, welches durch die Firma Canon vorgegeben wird, wurde die Canon-Software mittels *Magic Lantern* modifiziert. Mit Hilfe dieser Erweiterung ergeben sich Zusatzfunktionen, darunter Speicherformate, welche nationalen und internationalen Kino- und Fernsehstandards gerecht werden. In der folgenden Arbeit wird die Kombination der Canon 5D Mark III und der *Magic-Lantern*-Software, im Bereich der Produktion und Postproduktion, in einer detaillierten Analyse der Vor- und Nachteile untersucht und verglichen.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-------------|
| Inhaltsverzeichnis | V |
| Abbildungsverzeichnis | VI |
| Tabellenverzeichnis | VIII |
| 1 Einleitung | 1 |
| 2 <i>Magic Lantern</i> als Softwaremodifikation | 3 |
| 2.1 Die Software <i>Magic Lantern</i> | 3 |
| 2.2 Installation und Funktionsweise von <i>Magic Lantern</i> | 5 |
| 2.3 Workflow in der Postproduktion | 9 |
| 3 Canon 5D Mark III als Videokamera | 13 |
| 3.1 Vorteile gegenüber anderen Videokameras | 14 |
| 3.2 Nachteile gegenüber anderen Videokameras | 18 |
| 3.3 <i>Magic Lantern</i> als Alternative zur Canon-Software | 21 |
| 4 Die Aufnahmeformate <i>RAW</i> und <i>H.264</i> | 25 |
| 4.1 Das Aufnahmeformat <i>H.264</i> | 25 |
| 4.2 Das Aufnahmeformat <i>RAW</i> | 31 |
| 5 Analyse der Bildqualität | 38 |
| 5.1 <i>H.264</i> -Bildqualität ohne <i>Magic Lantern</i> | 38 |
| 5.2 <i>H.264</i> -Bildqualität mit <i>Magic Lantern</i> | 39 |
| 5.3 <i>RAW</i> -Bildqualität mit <i>Magic Lantern</i> | 40 |
| 5.4 Gemessener Vergleich der Bildqualität | 42 |
| 5.4.1 Auflösung | 42 |
| 5.4.2 Dynamikumfang | 47 |
| 5.4.3 Schwenkverhalten | 53 |
| 6 Analyse der Vor- und Nachteile der Nutzung von <i>Magic Lantern</i> | 57 |
| 6.1 Vorteile der Nutzung von <i>Magic Lantern</i> | 57 |
| 6.2 Nachteile der Nutzung von <i>Magic Lantern</i> | 60 |
| 7 Fazit | 63 |
| Quellenverzeichnis | IX |
| Anlagen | XIV |
| Eigenständigkeitserklärung | XV |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abbildung 1: Installation der Magic-Lantern-Software | 6 |
| Abbildung 2: Schema H.264-Workflow | 9 |
| Abbildung 3: Unterschiedliche RAW-Darstellungen..... | 10 |
| Abbildung 4: Verschiedene Typen von Gammakurven..... | 10 |
| Abbildung 5: Unterschiedliche Gamma-Typen anhand von Originalmaterial | 11 |
| Abbildung 6: Schema des RAW-Workflows..... | 12 |
| Abbildung 7: Canon 5D Mark III | 13 |
| Abbildung 8: Übersicht verschiedener Kameramodelle im entsprechende Größenverhältnis zueinander | 14 |
| Abbildung 9: Canon 5D Mark III, Blackmagic Produktion Camera 4K und Canon C300 mit entsprechendem Größenverhältnis zueinander | 15 |
| Abbildung 10: Vergleich der Kameramodelle mit entsprechendem Größenverhältnis zueinander | 16 |
| Abbildung 11: Vergleich der konkurrierenden Kameramodelle..... | 17 |
| Abbildung 12: SmallHD HDMI-Protector | 18 |
| Abbildung 13: : Beispielmateriale für RAW-Kodierung | 21 |
| Abbildung 14: Übersicht der Display-Funktionen von Magic Lantern | 22 |
| Abbildung 15: Cropmarks mit unterschiedlichen Seitenverhältnissen | 23 |
| Abbildung 16: Darstellung der Bildabtastung durch Makroblöcke bezüglich MPEG-2 und -4 | 26 |
| Abbildung 17: Interframekompression | 28 |
| Abbildung 18: Vergleich Standbild ALL-I- und IPB-Kompression | 28 |
| Abbildung 19: Vergleich Standbild ALL-I- und IPB-Kompression 500 Prozent Vergrößerung.... | 28 |
| Abbildung 20: Vergleich von ALL-I und IPB bei einem horizontalen Kameraschwenk | 29 |
| Abbildung 21: Vergleich von ALL-I und IPB bei einem horizontalen Kameraschwenk bei 500 Prozent Vergrößerung | 29 |
| Abbildung 22: Prozess des Bayerings und De-Bayerings | 32 |
| Abbildung 23: Prozess des De-Bayerings mittels Adobe Camera RAW | 33 |
| Abbildung 24: Einstellungsmöglichkeiten für RAW-Material durch Adobe Camera RAW..... | 33 |
| Abbildung 25: Vergleich von RAW- und H.264 Videomaterial | 34 |
| Abbildung 26: Vergleich von RAW- und H.264-Videomaterial bei 300 Prozent Vergrößerung | 34 |
| Abbildung 27: Darstellung verschiedener Kameramodelle | 35 |
| Abbildung 28: Vergleich unterschiedlicher H.264-Kodierungen bei gleicher Datenrate | 36 |
| Abbildung 29: Vergleich unterschiedlicher H.264-Kodierungen bei gleicher Datenrate und 300 Prozent Vergrößerung | 36 |
| Abbildung 30: H.264-Farbkorrektur..... | 39 |
| Abbildung 31: Anpassung des nutzspezifischen Bildstils | 40 |
| Abbildung 32: RAW-Farbkorrektur | 41 |

| | |
|--|----|
| Abbildung 33: Vergleich der Bildauflösung, bei 300 Prozent Vergrößerung..... | 41 |
| Abbildung 34: Testtafeln zur Bildauflösung..... | 43 |
| Abbildung 35: Aufnahme der Testtafel in unterschiedlichen Aufnahme-Codecs | 43 |
| Abbildung 36: Aufnahme der Testtafel in unterschiedlichen Aufnahme-Codecs bei 500 Prozent Vergrößerung | 44 |
| Abbildung 37: Darstellung des Moiré-Bereichs | 45 |
| Abbildung 38: Vergleich von Auflösung und Moiré | 45 |
| Abbildung 39: Grafische Darstellung des Dynamikbereichs | 47 |
| Abbildung 40: Darstellung der Dynamiktestergebnisse | 48 |
| Abbildung 41: Helligkeitsabstufungen der H.264-Signale durch Waveform und RGB-Parade.... | 49 |
| Abbildung 42: Helligkeitsabstufungen des RAW-Signals durch Waveform und RGB-Parade.... | 49 |
| Abbildung 43: Belichtungsstufen Magic Lantern RAW | 51 |
| Abbildung 44: Belichtungsstufen Magic Lantern H.264 | 52 |
| Abbildung 45: Belichtungsstufen Canon H.264 | 52 |
| Abbildung 46: Kameraschwenk bei vier Grad pro Sekunde | 54 |
| Abbildung 47: Kameraschwenk bei vier Grad pro Sekunde, 450 Prozent Vergrößerung | 54 |
| Abbildung 48: Kameraschwenk bei acht Grad pro Sekunde | 55 |
| Abbildung 49: Kameraschwenk bei acht Grad pro Sekunde, 450% Vergrößerung | 55 |
| Abbildung 50: Vergleich der Displayfunktionen | 58 |
| Abbildung 51: Hilfsinstrumente und Kameraeinstellungen | 58 |
| Abbildung 52: DNG-Einzelbild komprimiert durch SlimRAW | 60 |
| Abbildung 53: Pinkfarbene Einzelbilder | 61 |
| Abbildung 54: Darstellungsoptionen | 62 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|--|---|
| Tabelle 1: Übersicht der Funktionen von Magic Lantern..... | 4 |
|--|---|

1 Einleitung



„Wir möchte so einen Film machen, wie andere Leute sonntags Fußball spielen.“¹

Mit diesem Satz beschrieb Adolfo Kolmerer das geplante Arbeitsklima der Produktion des Spielfilms *Schneeflöckchen*. Dass aus diesen eher spartanischen wirkenden Anfängen eine zweijährige 90.000-Euro-Filmproduktion mit über hundert mitwirkenden Personen entstehen sollte, konnte zu diesem Zeitpunkt noch niemand ahnen.

Ein wesentlicher Bestandteil der Produktion war die digitale Spiegelreflexkamera *Canon 5D Mark III*, welche als Videokamera zum Einsatz kam und mit Hilfe der Zusatzsoftware *Magic Lantern* modifiziert wurde. Aufgrund dieser Software ergaben sich neue Funktionen, welche die Qualität des Videomaterials und des Arbeitsablaufs enorm verbesserten. Durch die Markteinführung von digitalen Vollformatfotoapparaten mit Videofunktion entstanden Möglichkeiten im Bereich der Produktion von Videomaterial, die das bisherige Arbeiten grundlegend veränderten. Der charakteristische 35mm-Look war auf einmal günstig und ohne riesige Kameras herzustellen, jedoch entstanden Probleme, im Bereich der Qualität der Signalspeicherung, sowie der Identifikation der Geräte, aus denen Limitierungen hervorgingen.

Magic Lantern ist die Chance, das Videosignal in einer Form zu speichern, welches den internationalen Kino- und Fernsehstandards gerecht wird. Unter diesen Voraussetzungen ergibt sich die Frage, ob dieses Kamerasystem mit digitalen Profi-Kameras

¹ Zitat: Adolfo Kolmerer, Regisseur des Spielfilms *Schneeflöckchen*

gleich zu setzt ist, oder ob die Versprechen der *Magic-Lantern*-Programmierer nur heiße Luft sind.

Diese Arbeit soll einen Einblick in den Produktionsablauf im Bereich der Kamera und der Postproduktion des Spielfilms *Schneeflöckchen* geben.

Anhand der Analyse von Vor- und Nachteilen, der Funktionsweisen der Software und deren Kodierungen, als auch mit spezifischen Kamerateests wird die *Magic-Lantern*-Software auf Leib und Nieren geprüft. Auf diese Weise wird ein genaues Bild über Leistungen und Schwächen geschaffen.

2 *Magic Lantern* als Softwaremodifikation

Die Software stellt bei digitalen Kameras einen wesentlichen Bestandteil der Funktionsweise dar, welcher die einzelnen Hardware-Komponenten untereinander kommunizieren lässt. Ohne das Betriebssystem einer Kamera wäre die Aufnahme, Verarbeitung und Speicherung des Videomaterials nicht möglich, da die mechanischen Prozesse von analogen Filmkameras durch elektronische, beziehungsweise digitale Signale abgelöst wurden.

Dieser Sachverhalt ermöglicht es, unter Voraussetzung gewisser Kenntnisse und der Limitierung durch die Hardware der Kamera, ein eigenes Betriebssystem zu erstellen, welches wesentlich mehr Funktionen liefert, als das vorinstallierte System des Herstellers.

2.1 Die Software *Magic Lantern*

Magic Lantern ist ein kostenloses Betriebssystem für digitale Kameras der japanischen Firma *Canon*, das eine Vielzahl zusätzlicher Funktionen im Bereich der Bedienung der Kamera, der Kontrolle des Videosignals und der Speicherung des Materials bietet. Es basiert auf dem von Canon entwickelten *DryOS*-Betriebssystem, welches seit 2007 in allen digitalen Kameras des Herstellers installiert ist und somit das Vorgängersystem *VxWorks* von *Wind River Systems* ersetzt. Der Systemwechsel fand aufgrund von anfallenden Lizenzgebühren statt. Bevor *DryOS* in digitalen Fotoapparaten, ab der vierten *Digic*-Generation, Verwendung fand, wurde es beispielsweise in Camcordern genutzt. Die zusätzlichen Kosten und neue die Software von Videokameras waren die ersten Anzeichen eines digitalen Fotoapparats mit Videofunktion, welche im Jahr 2008 durch die Veröffentlichung der *Canon 5D Mark II* bestätigt wurden. Ein Jahr später erschien die erste *Magic-Lantern*-Version für genau diese Kamera, geschrieben von Trammel Hudson.

Magic Lantern wurde mittels des *Canon Hacker Development Kits*, kurz *CHDK*, erstellt. Diese Software dient als Erweiterung für das *DryOS*-System, ohne es dauerhaft zu verändern und ist unabhängig vom Kamerahersteller. Des Weiteren verfolgt das *Canon Hacker Development Kit* das Prinzip von Open-Source-Software, was bedeutet, dass der Quellcode und die programmierte Software, mit Funktionsvorgaben jeder Person

offen liegen. Es ist also jedem, mit dem Besitz von Programmierkenntnissen möglich, die Software zu nutzen und zu verändern.

Die folgende Liste gibt einen Überblick bezüglich der Programmierungsmöglichkeiten des *CHDK* und somit über die Funktionen von *Magic Lantern*:

- Aufnahme von RAW/DNG-Bildern.
- Schnelle Belichtungsreihen mit frei einstellbaren Belichtungswerten.
- Manuell einstellbare Belichtungszeit von 1/100000 s bis 65 s (bei einigen Kameras ist die max. Belichtungszeit unbegrenzt)
- Manuell einstellbare Fokusdistanz
- Manuell einstellbare Blendenwerte/ND-Filter-Stellung (in Abhängigkeit von der Kamera-Hardware)
- Manuell bestimmbare ISO-Werte (Ober- und Untergrenze sind abhängig von der Hardware)
- Einstellbare Auto-ISO-Werte für unterschiedliche Aufgaben
- Erweiterte einstellbare Belichtungskorrektur (Ev)
- Viele weitere Zusatzinformationen und Einstellungen für den ambitionierten Fotografen (z. B. Schärfentiefe-Rechner, Einstellung der hyperfokalen Entfernung)
- Mehrfachbelichtung und Weiterverarbeitung zu einem Bild in der Kamera
- Erweiterte Video-Funktionen (Zoomen und Fokussieren während der Aufnahme)
- Stufenlos einstellbare Videoqualität für die Videoaufnahme
- Tonwertkurven können direkt in der Kamera eingerechnet werden.
- Konturenüberlagerungen als Hilfsmittel für Trickaufnahmen
- Fernauslösung mit Hilfe einer Fernbedienung (Selbstbau)
- Belichtungsreihen für HDR
- Zeitintervall-Aufnahmen für Zeitraffer
- automatisches Focus stacking
- Kamera löst aus, wenn Bewegung im Bild erkannt wird.
- Zeitgesteuerte Abläufe
- Virtuelle Kameramodi und Funktionen, die die Kamera werkseitig nicht unterstützt (z. B. Tv-Modus für Kameras ohne diesen Modus).
- Fernbedienung-gesteuerte Abläufe (Selbstbau-Fernbedienung für USB-Anschluss der Kamera)
- Dateimanagement, Logdateien erstellen, zusätzliche Informationen in Exif-

Daten schreiben

- Autostart für Skripte, ermöglicht bestimmte persönliche Voreinstellungen beim Einschalten der Kamera.
- Live-Histogramm mit gesonderter Einstellung für RGB und Luminanz.
- Markiert Flächen ohne Bildinformationen („Zebra-Modus“, Anzeige von Über- und Unterbelichtung) vor der Aufnahme.
- Anzeige der aktuellen Kapazität von Akku und Speicherkarte
- Anzeige von Uhrzeit und Sensortemperatur
- Anzeige eigener Gitternetze zur besseren Orientierung auf dem LCD
- Kleine Zusatzprogramme, wie zum Beispiel Kalender, Textbetrachter, Datei-Browser und Spiele
- Alle Funktionen sind über ein einheitliches Menü einstellbar.
- Persönliches Benutzermenü zur Zusammenfassung der wichtigsten Funktionen
- Persönliche Einstellungen für CHDK-OSD-Elemente (Farbe, Position) und das CHDK-Menü (Farbe, Zeichensatz).
- Tastaturkürzel zur schnellen Bedienbarkeit der wichtigsten CHDK-Funktionen über die Bedientasten der Kamera²

Tabelle 1: Übersicht der Funktionen von Magic Lantern

2.2 Installation und Funktionsweise von *Magic Lantern*

Das Installieren der *Magic-Lantern*-Software bedarf keiner besonderen Kenntnisse bezüglich des Programmierens von Software, was es prinzipiell jedem Nutzer, mit entsprechendem Kameramodell, ermöglicht die Modifikation des Systems durchzuführen. Da *Magic Lantern* nur in dem RAM der Kamera zwischengespeichert wird, kommt es zu keiner wirklichen Veränderung des Betriebssystems, sondern es findet eine Erweiterung statt. Somit kann es zu keinen Systemschaden in der Kamera kommen, es sei denn der Nutzer befolgt nicht die vom Programmierer angegebenen Schritte. Eine potentielle Fehlerquelle ist die Installation der Software mit einem Akku durchzuführen, welcher nicht ausreichend geladen ist. Dies hätte zur Folge, dass die Installation vorzeitig abgebrochen wird und somit das gesamte Kamerasystem unvollständig ist. Diese Fehlerquelle gleicht einem abgebrochenen Softwareupdate.

² Quelle Tabelle Funktionen: www.wikipedia.org/wiki/Canon_Hacker_Development_Kit

Die grundsätzliche Garantieleistung des Geräts ist durch die Nutzung von *Magic Lantern* nicht gefährdet, jedoch sind viele eventuell auftretenden Schäden nicht mehr durch den Hersteller gedeckt³.

Magic Lantern entzieht sich mit folgendem Zitat sämtlicher Verantwortung bezüglich der Nutzung der programmierten Software:

„Magic Lantern is not approved nor endorsed by Canon in any way, and using it will probably void your warranty. We are not responsible for any damages to your camera.“⁴

Unter der Voraussetzung der Kenntnisnahme aller installationsrelevanten Parameter ist es möglich mit der Vorbereitung der Modifikation zu beginnen. Der erste Schritt besteht darin, das Softwarepaket von der *Magic-Lantern-Website*, www.magiclantern.fm, zu downloaden. Die erhaltene Datei muss entpackt werden und die drei sich in diesem Ordner befindenden Dateien, welche in der Abbildung 1 zu sehen sind auf eine formatierte Speicherkarte passend zum Kameramodell kopiert werden. Ab diesem Punkt gibt es zwei Verfahren die Software in der Kamera zu installieren.



Abbildung 1: Installation der Magic-Lantern-Software

Eine Möglichkeit ist die Speicherkarte mit den kopierten Dateien in den Speicherkartenslot zu schieben und über das Kameramenü, unter dem Punkt *Firmware-Version*, ein Update vorzunehmen, siehe Abbildung 1. Die sich auf der Karte befindenden Dateien werden von der Kamera als Softwareupdate erkannt und unter Voraussetzung

³ Quelle Herstellergarantie: www.slashcam.de

⁴ Quelle Zitat: www.magiclantern.fm

der Wahl des Punktes *OK* installiert. Im Fall einer erfolgreichen Installation ist die Software nun einsatzbereit.

Die zweite Art der Installation, welche für die dauerhafte Nutzung von *Magic Lantern* besser geeignet ist, basiert auf der Veränderung der Eigenschaften der Speicherkarte, auf der sich die Installationsdateien befinden. Kameras mit zwei verschiedene Speicherkartenslots, wie beispielsweise die *Canon 5D Mark III*, welche über einen *SD*- und einen *CF*-Steckplatz verfügt, sind für diese Art der Installation besser geeignet, als Kameras mit einem Slot. Durch das Vorhandensein zweier verschiedener Slots kann der *SD*-Steckplatz explizit für die *Magic-Lantern*-Software genutzt werden.

Der wesentliche Unterschied zur ersten Installationsvariante ist, dass die Speicherkarte bootfähig gemacht wird. Bootfähig oder startfähig bedeutet, dass das Speichermedium Daten enthält, welche es dem Betriebssystem ermöglichen, von diesem Medium aus das System automatisch auszuführen. Programme, wie zum Beispiel *MacBoot*, sind in der Lage die Speicherkarte entsprechend zu formatieren und die relevanten Daten darauf abzulegen.

Nachdem das Speichermedium startfähig und *Magic-Lantern*-Daten kopiert wurden, kann die Karte in der Kamera platziert werden. Die Kamera ist nun startfähig und es bedarf keiner weiteren Schritte um *Magic Lantern* auszuführen.

Der Vorteil der zweiten Installationsvariante ist, dass die Zusatzsoftware mit dem Starten der Kamera sofort einsatzbereit ist und da sich die Software auf der separaten *SD*-Karte befindet, ist die vollständige Deinstallation von *Magic Lantern* durch das simple Entfernen der *SD*-Karte gewährleistet.

Es bedarf einer weiteren Vorbereitung um die *Canon 5D Mark III* im *RAW*-Modus nutzen zu können. Das Kamerasystem formatiert die Speichermedien mit einem *FAT32*-Dateisystem, welches das Problem mit sich bringt, dass die zu speichernden Dateien eine maximale Größe von vier Gigabyte betragen dürfen. Diese Limitierung führt zu dem Sachverhalt, dass die *RAW*-Videoaufzeichnung nach circa 44 Sekunden automatisch abgebrochen wird. Um diesen Abbruch zu vermeiden, muss die *CF*-Karte mit einem anderen Dateisystem beschrieben werden, wodurch sehr große Einzeldateien aufgezeichnet werden können. *ExFAT* erfüllt diese Voraussetzung, jedoch kann dieses Format von Canon-Kameras nicht gelesen werden. Die *SD*-Kartenschnittstelle löst das Problem indem eine *FAT32*-formatierte *SD*-Karte mit *Magic-Lantern*-Software, im Kartenslot platziert wird. Von dieser Karte wird *Magic Lantern* in die Kamera geladen. Dieses installierte Systemerweiterung sorgt für den reibungslosen Ablauf des *exFAT*-Systems. Als letzter Schritt muss die *CF*-Karte als Speicherort gewählt werden.

Für die Funktionsweise von *Magic Lantern* sind zwei Bestandteile einer Kamera relevant, der Prozessor und das aktuell installierte Betriebssystem. In allen digitalen

Canon-Kameras ist ein *Digic*-Prozessor verbaut, wobei die Zahl am Ende des Namens die Generation des Prozessors angibt. Eine *Canon 5D Mark III* verfügt beispielsweise über einen *Digic-5-PLUS*-Prozessor⁵. Das *PLUS*, welches den Prozessornamen erweitert, bezieht sich auf den schnelleren Ablauf von Verarbeitungs- und Steuerprozessen, welche zu den Hauptaufgaben des Prozessors gehören.

Das *DryOS*-Betriebssystem⁶, welches seit der *Digic-4*-Prozessorgeneration auf *Canon*-Kameras genutzt wird, stellt die zweite, für *Magic Lantern* relevante, Komponente dar. Die *Firmware*⁷ besitzt eine Schnittstelle mit deren Hilfe spezielle Dateien von der Speicherkarte in der Kamera auszuführen werden können. Normalerweise wird diese Schnittstelle für Softwareupdates verwendet. *Magic Lantern* gelingt es, diesen Kanal in dem *Canon*-System zu aktivieren und *DryOS* zu täuschen indem es sich als Firmware-Update ausgibt. Die zusätzlichen Magic-Lantern-Daten werden jedoch nicht dauerhaft in der Kamera gespeichert, sondern im *RAM* des Systems abgelegt. Der Arbeitsspeicher der Kamera wird bei jedem Herunterfahren des Systems gelöscht, wodurch *Magic Lantern* aus *DryOS* gelöscht wird und das System wieder einem unveränderten Herstellerbetriebssystem entspricht. Dieser Sachverhalt wird auf Grund der Bootfähigkeit umgangen, was zu einer automatischen Ausführung der Karte bei jedem Systemstart führt.

Neue *Firmware*-Updates für *Canon*-Kameras stellen eine Herausforderung dar, da bei der Überarbeitung von *DryOS* nicht auf externe Programmierer wie *Magic Lantern* geachtet wird. Aus dieser Begebenheit resultiert, dass *Magic Lantern* für jedes neue *Canon*-Firmware-Update eine neue, eigene Version schreiben muss, um die Funktionalität zu erhalten.

Da *Firmware*-Updates meist nur geringfügige, für den Nutzer kaum spürbare, Änderungen enthalten, gibt *Magic Lantern* eine *Canon*-Firmware-Version vor, auf der die Erweiterung stabil läuft. Für die *Canon 5D Mark III* stehen sogar zwei Versionen von *Magic Lantern* als Download zur Verfügung, welche sich auf die *Canon*-Firmware 1.1.3 und 1.2.3 beziehen. Die beiden Versionen unterscheiden sich nur geringfügig im Bereich der Darstellungsqualität des Kameramonitors und des Histogramms im *Live-Viewer* unter Verwendung eines *HDMI*-Kabels⁸.

⁵ www.fotoschule.fotocommunity.de

⁶ *DryOS* ist ein von *Canon* entwickeltes Echtzeitbetriebssystem für Digitalkameras.

⁷ Firmware ist das Betriebssystem

⁸ Quelle: www.digitalkamera.de

2.3 Workflow in der Postproduktion

Die Postproduktion stellt einen wesentlichen Bestandteil des Wegs des Filmmaterials von der Kamera bis zur Leinwand dar. Der in diesem Abschnitt beschriebene Workflow bezieht sich auf die Produktion des Spielfilms *Schneeflöckchen* und somit auf die Arbeit mit dem Farbkorrekturprogrammen *Davinci Resolve* und dem Schnittprogramm *Avid Media Composer*. Auf das Anlegen und die Bearbeitung des Audiomaterials wird nicht eingegangen.

Bei einer mittels *Magic Lantern* modifizierte Kamera differenziert sich die Weiterverarbeitung der Daten, basierend auf der Art der Aufzeichnung, welche mit einer *H.264*- oder einer *RAW*-Kodierung erfolgen kann.



Abbildung 2: Schema H.264-Workflow

Im Fall dass die Daten in *H.264*-Form gespeichert wurden, muss das Material lediglich von dem Speichermedium kopiert werden und kann ohne weitere Schritte im Schnittprogramm importiert und bearbeitet werden. Nach dem Schnitt erfolgt eine finale Farbkorrektur, welche in *Avid* oder einem externen Programm, wie beispielsweise *Davinci Resolve*, erfolgen kann. Die Abbildung 2 verdeutlicht den Arbeitsweg des *H.264*-Materials, welches durch *Canon* oder *Magic Lantern* kodiert wurde.

Bei Dateien welche als *RAW* gespeichert wurden ist der Weg von der Speicherkarte bis zur finalen Filmdatei wesentlich aufwendiger als bei der *H.264*-Kodierung. Nachdem das Material auf Festplatten kopiert wurde, ist es wichtig die *.raw*-Dateien sofort eindeutig zu benennen. Als Namen eignen sich die Beschriftungen der Filmklappen. Die Dateinamen dürfen im Nachhinein nicht verändert werden, da somit die Grundlage für die Verknüpfung der einzelnen Videoclips und der Quelldateipfad der Postproduktionsprogrammen zerstört wird. Da das *RAW*-Material anfangs sehr kontrastarm, entsättigt und leicht unscharf wirkt, wie in Abbildung 3 der Folgeseite zu erkennen ist, muss

es zunächst für das Schnittprogramm vorbereitet werden. Außerdem ist der Datenstrom des Materials viel zu groß und würde die Schnittsoftware an einem flüssigen und fehlerfreien arbeiten hindern.



Abbildung 3: Unterschiedliche RAW-Darstellungen

Zur Weiterverarbeitung des Materials, müssen die *.raw*-Dateien in *.dng*-Einzelbilder umgewandelt werden, damit diese in einem Farbkorrekturprogramm, wie zum Beispiel *Davinci Resolve*, eingebunden werden können. Diese Wandlung ermöglichen Programme wie *RAWanizer* oder *RAWmagic*.

Als nächstes, werden die Einzelbildsequenzen im Farbkorrekturprogramm importiert. Das erste Anpassen der Farben ist nur provisorisch und bezieht sich auf die Definition des Weißabgleichs, als auch der Veränderung der Gammakurve um ein kontrastreicheres Bild zu erlangen. Diese erste Farbanpassung dient als Orientierung für den Schnitt, um den beteiligten Personen einen ersten Eindruck bezüglich Bildmaterials zu geben. Da das *RAW*-Signal von *Magic Lantern* untypischerweise nicht mit einem *LogC*-Gamma, sondern mit einem linearen Gamma gespeichert wird, besteht kein Änderungsbedarf bezüglich des Kontrastverhaltens des Materials. Durch dieses lineare Gamma, welches in Abbildung 3 und 4 zu sehen ist, wird das aufgenommene Bild circa eine halben bis eine ganze Blende dunkler.

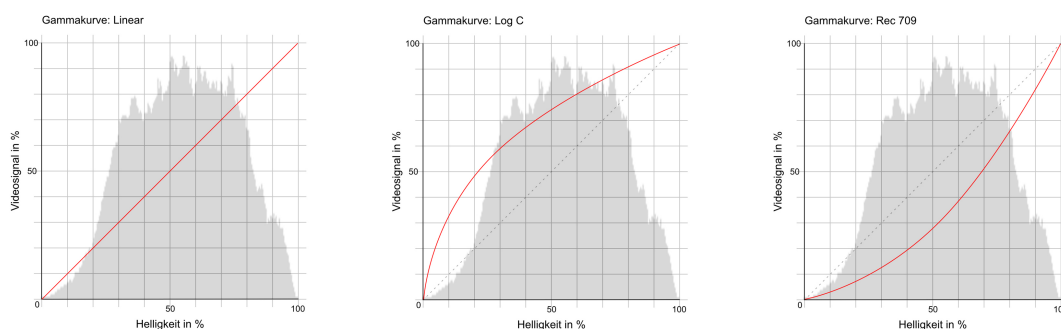


Abbildung 4: Verschiedene Typen von Gammakurven

Eine dementsprechende Aufhellung des Materials ist somit zu beachten. Um ein organisches Videosignal zu erreichen, wird oft eine Rec709-Gammakurve genutzt. Diese Rec709-Kurve gleicht einem an dem linearen Gamma-Graphen gespiegeltem LogC-Graphen und entspricht dem Kontrastverhalten des menschlichen Auges, sowie dem deutschen und internationalen TV-Standard.

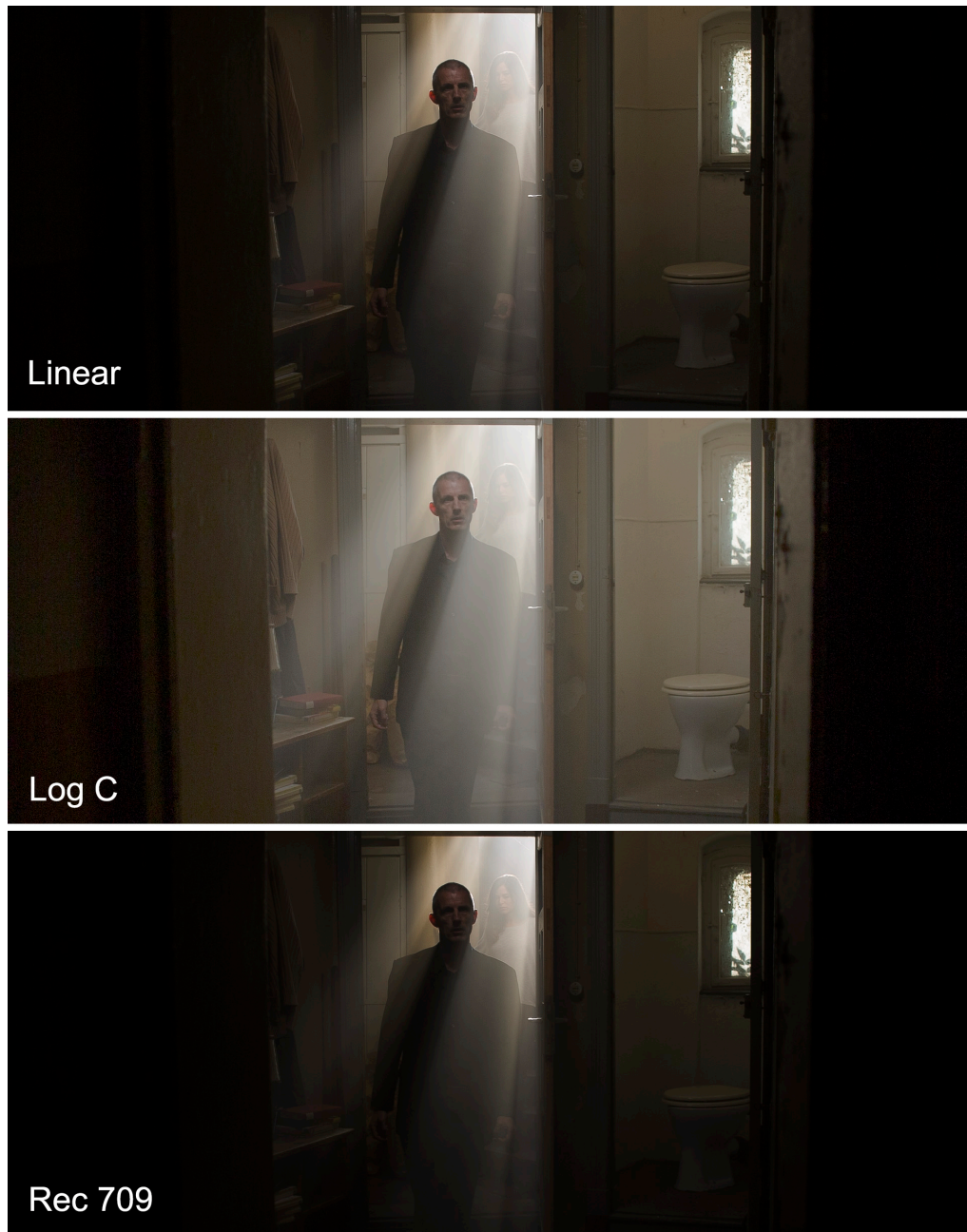


Abbildung 5: Unterschiedliche Gamma-Typen anhand von Originalmaterial

Nachdem das Videomaterial optisch für den Schnitt vorbereitet wurde, gilt es nun die Datenrate des Materials zu reduzieren. Dies geschieht indem die *RAW*-Dateien mit einem Codec wie *H.264*, *ProRes* oder *DNxHD* komprimiert werden, wobei die Art der Komprimierung abhängig vom Schnittsystem und der Rechenleistung des genutzten Computers ist. Des Weiteren werden die einzelnen Clips als *Proxy*-Dateien angelegt was bedeutet, dass die neu erstellten Dateien eine Verknüpfung zum originalen *RAW*-Material besitzen. Diese Verknüpfung ist grundlegend um die komprimierten Dateien im Schnittprogramm zu bearbeiten und nach Fertigstellung des Schnitts ohne Qualitätsverlust wieder mit den Originaldateien zu verbinden.

Nach dem Feinschnitt wird die Schnittliste des Projekts aus *Avid* exportiert und in *Davinci Resolve* eingefügt. Da die *Proxy*-Dateien mit den Originaldateien verknüpft sind, verfügt das Material nach dem Import in *Davinci* wieder über den vollständigen *RAW*-Kontrastumfang und die volle Pixelauflösung. Unter diesen Voraussetzungen kann eine finale Farbkorrektur stattfinden. Nach deren Beendigung wird das Material exportiert und ist bereit für die Leinwand. Zusammenfassend wird der Workflow des *RAW*-Materials in der Abbildung 6 schematisiert.

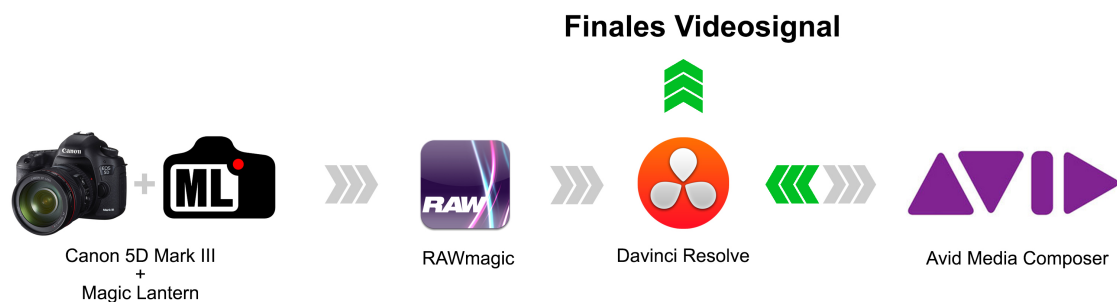


Abbildung 6: Schema des RAW-Workflows

3 Canon 5D Mark III als Videokamera

Der Kamerahersteller *Canon* hat im September 2008⁹ die *Canon EOS 5D Mark II* veröffentlicht. Erstmals eine marktreife, digitale Spiegelreflexkamera mit Vollformatsensor, die über eine Videofunktion verfügte. Eine überarbeitete Version, die *Canon 5D Mark III*, welche in Abbildung 7 zu sehen ist, gab *Canon* im März 2012¹⁰ heraus. Durch neue Funktionen und den optimierten Signalausgang, ist die Kamera nun für professionelle Videoproduktionen zu einsetzbar.

Die *Canon 5D Mark III* bietet die Möglichkeiten einer digitalen 35mm-Kamera zu einem deutlich geringeren Kaufpreis. Allerdings muss auf einige Funktionen und Handhabungen verzichtet werden. Durch kompakte Bauart eröffnen sich jedoch neue Möglichkeiten in logistischer, als auch bildgestalterischer Art und Weise.

Bei einem Vergleich der *Canon 5D Mark III* mit anderen Videokameras ist es wichtig zu unterscheiden ob man die Kameras bezüglich des Kaufpreises, oder anhand der technischen Facetten miteinander vergleicht. Kameras im ähnlichen Preissegment werden in den Gliederungspunkten 3.1 und 3.2 als semiprofessionell beschrieben.



Abbildung 7: Canon 5D Mark III

⁹ Quelle: www.dpreview.com

¹⁰ Quelle: www.netzwelt.de

3.1 Vorteile gegenüber anderen Videokameras

Der wesentlichste Vorteil der *Canon 5D Mark III* ist der 35mm-Sensor mit den Abmessungen von 36mm x 24mm. Diese Sensorgröße erlaubt es Film- und Fotoaufnahmen mit einer geringen Tiefenschärfe und hoher Bildbrillanz herzustellen, was einer Filmproduktion Vielfalt im Bezug auf visuelle Gestaltung des Bildmaterials bietet. Es gibt nur wenige Kamerahersteller und –Modelle, die einen Sensor dieser Größe in einer Kamera zum ähnlichen Kaufpreis anbieten. Vergleichbare Modelle sind Kameras der Marke *Sony* aus der *alpha-7-Serie* oder die *Nikon D800E*.

Im Bereich der professionellen, digitalen 35mm-Kameras setzt unter anderem *Arri* mit der *Arri Alexa*, *RED* mit der *Epic* und *Sony* mit der *F55*, einen Vollformat-Sensor in ihre Kameramodellen ein. Diese Kameras, welche in Abbildung 8 zu sehen sind, unterscheiden sich von der *Canon 5D Mark III* bezogen auf den Einkaufspreis deutlich.



Abbildung 8: Übersicht verschiedener Kameramodelle im entsprechende Größenverhältnis zueinander

Die *Canon* ist für einen Nettoeinkaufspreis von 2.150 Euro¹¹ zu erwerben. Die professionellen Videokameras liegen mit einem Nettopreissegment von 25.000 € bis 75.000€ wesentlich höher.

¹¹ Quelle: www.teltec.de

Eine gute Alternative zu *Canon 5D Mark III* stellt die *Canon C300* dar, mit einem Nettoeinkaufspreis von 6.300 Euro¹². Diese Modell ist jedoch nicht mit den genannten Produkten der Firmen *Arri*, *RED* oder *Sony* zu vergleichen. Eine andere vergleichbare Option verkörpert die *Blackmagic Production Camera 4K*, welche für einen Nettoeinkaufspreis von 2.670€¹³ zu erwerben ist.



Abbildung 9: *Canon 5D Mark III*, *Blackmagic Produktion Camera 4K* und *Canon C300* mit entsprechendem Größenverhältnis zueinander

Ein weiterer positiver Aspekt der Kamera ist die Lichtstärke des Sensors. Diese wird mit einer ISO-Empfindlichkeit im Videomodus von 100 bis 25.600 ISO angegeben. In direkten Zusammenhang zum ISO-Wert steht das Rauschverhalten, beziehungsweise das Bildrauschen, welches bei den Videoaufnahmen der *Canon 5D Mark III* sehr gering ist. Dieses Rauschen entsteht durch zufällig angeregte Elektronen infolge von Wärme oder der Grundspannung des Kamerachips¹⁴. Da das Rauschverhalten sehr gering ist, ist es möglich mit sehr hohen ISO-Einstellungen zu arbeiten und somit reduziert sich der finanzielle Aufwand für Lichtequipment.

Die *Canon 5D Mark III* ist in erster Linie ein Fotoapparat und hat somit auch die entsprechende Abmessungen und das Gewicht einer handelsüblichen Spiegelreflexkamera. Sie wiegt nur 950 Gramm¹⁵, ohne Objektiv und eventuelles Zusatzequipment, was sie von einer *Arri Alexa*, ohne Zusatzequipment, mit 6,3 Kilogramm¹⁶ deutlich unterscheidet.

Diese geringe Masse minimiert die durch das Zusatzequipment, zu tragende Last, welche somit kleiner sein kann. Equipment für kleinere beziehungsweise leichtere Kameras, ist in der Finanzierung günstiger als zusätzliches Equipment für professionelle und schwere Videokameras.

¹² Quelle: www.teltec.de

¹³ Quelle: www.videodata.de

¹⁴ Quelle: www.filmscanner.info

¹⁵ Quelle: www.videodata.de

¹⁶ Quelle: www.arri.com

Ein weiterer Vorteil der sich aufgrund der Bauart ergibt, sind die geringen Abmessungen der Kamera, welchen 152mm x 116mm x 76mm¹⁷ betragen, wobei sich die Maße nur auf den Kamerabody beziehen. Das geringe Volumen der Kamera sichert das Arbeiten beziehungsweise Installieren des Kamerasystems an engen Drehorten.

Kameras, in ähnlichem Preissegment, wie beispielsweise die *Blackmagic Production Camera 4K*, haben analoge Abmessungen. Professionelle Videokameras mit annähernden Maßen sind die *Arri Alexa Mini* (185mm x 140mm x 125mm¹⁸, nur der Kamerabody) oder die *RED Epic* (150mm x 100mm x 150mm¹⁹, nur der Kamerabody), jedoch ist der Größenunterschied noch sehr markant. In finanzieller Hinsicht ist ein Vergleich der beiden genannten, professionellen Kameramodelle, mit der *Canon 5D Mark III* schlecht möglich, da sich der Nettoeinkaufspreis der professionellen Systeme zwischen 18.500 Euro²⁰ und 32.500 Euro²¹ befindet.

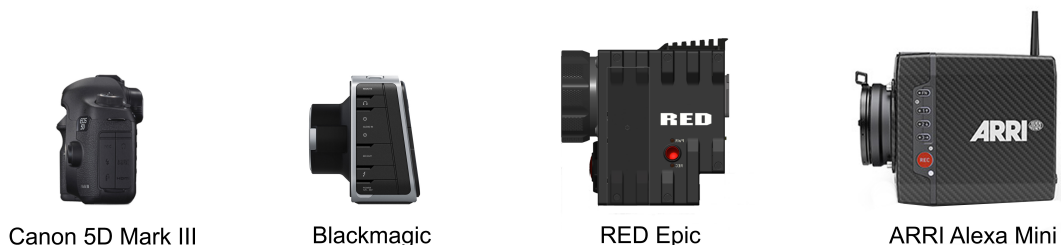


Abbildung 10: Vergleich der Kameramodelle mit entsprechendem Größenverhältnis zueinander

Das geringe Gewicht und die kompakte Bauart der *Canon 5D Mark III*, gewährleistet eine optimale Führung der Kamera in der Hand oder von der Schulter über einen längeren Zeitraum.

Für semiprofessionelle Videoproduktionen ist Führung und Kontrolle der Kamera, durch eine alleinige Person gut möglich, da die *Canon 5D Mark III* über ein hochauflösendes, integriertes 3,2-Zoll-LCD-Farbdisplay verfügt. Über dieses Display kann der Kameraoperator alle Kamera- und Menüeinstellungen vornehmen und das aktuelle Videosignal abrufen.

¹⁷ Quelle: www.canon.de

¹⁸ Quelle: www.arri.com

¹⁹ Quelle: www.pillefim.de

²⁰ Quelle: www.red.com

²¹ Quelle: www.videodata.de

Unter der Voraussetzung, dass ein Objektiv an der Kamera angebracht ist, ist die Aufnahme von Videomaterial, dank des integrierten *CF*-Kartenslots²², realisierbar. Es ist kein weiteres Zusatzequipment von Nöten.

Die Kamera verfügt über eine *Canon-EF*-Objektivaufnahme, was einen und vielseitigen, schnelle Objektivwechsel ermöglicht. Objektive anderer Hersteller sind entweder mit einer Objektivaufnahme von Canon bestückt, oder unter gewissen Kompromissen wie Blendenverlust oder *Crop*- beziehungsweise Formatfaktor²³ adaptierbar. Durch das große Angebot an Objektiven, gibt es für die *Canon 5D Mark III* kaum Limitierungen was Bildwinkel und Einstellgrößen angeht.

Die Kombination von *Magic Lantern* und einer *Canon 5D Mark III* stellt die finanziell günstigste Möglichkeit der digitalen *RAW*-Videoaufzeichnung, unter Verwendung eines 35mm-Sensors, dar. Kein anderer Kamerahersteller, beziehungsweise Softwareanbieter, ermöglicht, die durch *Magic Lantern* errungenen Zusatzfunktionen zu einem vergleichbaren Einkaufspreis.

Neben den geringsten Kosten ist die *Canon 5D Mark III* auch die kompakteste Kamerälösung, welche über eine 35mm-*RAW*-Aufzeichnung verfügt. Diese Position teilt sich die *Canon* jedoch mit der *Blackmagic Produktion Camera 4K*, da diese über ähnliche Maße verfügt und ohne jegliches Zusatzequipment, ausgenommen eines Objektivs, einsatzbereit ist.



Abbildung 11: Vergleich der konkurrierenden Kameramodelle

²² *CF* entspricht *Compact Flash*

²³ Der Formatfaktor ist eine Brennweitenverlängerung

3.2 Nachteile gegenüber anderen Videokameras

Die *Canon 5D Mark III* ist ein digitaler Fotoapparat mit Videofunktion, keine Videokamera. Aus diesem Grund ergeben sich einige Nachteile für professionelle Filmproduktionen.

Einer davon stellen die Schnittstellen zur Bildübertragung dar. Die Kamera verfügt über einen *A/V*-Ausgang, welcher für professionelle Filmproduktionen ungeeignet ist, da dieser nur ein Videosignal mit einer *VGA*²⁴-Pixelauflösung von 640x480 Pixel überträgt. Zusätzlich schaltet sich der *A/V*-Ausgang automatisch ab, sobald die Kamera beginnt Videomaterial aufzuzeichnen. Es ist demnach nicht möglich das Videobild, während der Aufnahme, über externe Monitore zu verfolgen

Eine weitere Schwachstelle der Kamera ist der *HDMI*-Anschluss²⁵. Dieser Verbindung ist die einzige Möglichkeit ein *FullHD*-Signal von der Kamera auf andere Geräte, wie Videomonitore, oder externe Rekorder zu übertragen. Das Signal ist unkomprimiert, jedoch kein *RAW*. Über die *HDMI*-Schnittstelle kann das Signal auf externen Rekordern gespeichert werden, aber nur mit einer maximalen 4:2:2-Kodierung.

Die Mechanik des *HDMI*-Anschlusses stellt eine weitere Problematik dar. Es gibt keine Kopplung zwischen *HDMI*-Kabel und *HDMI*-Schnittstelle an der Kamera, daraus ergibt sich eine instabile Bindung der beiden Komponenten und es kommt zu zwischenzeitlichen Bildausfällen. Dieses Problem lässt sich durch ein zusätzliches Kunststoffbauteil des Herstellers *SmallHD*, welches in Abbildung 12 zu sehen ist, unterbinden.



Abbildung 12: SmallHD HDMI-Protector

Die meisten professionellen Videomonitore, Bildfunkstrecken und externen Rekorder basieren auf *SDI*-Schnittstellen. Alle professionellen und viele semiprofessionelle Ka-

²⁴ *VGA* ist ein analoger Bildübertragungsstandard und steht für *Video Graphics Array*.

²⁵ *HDMI* dient der digitalen Bild- und Tonübertragung und steht für *High Definition Multimedia Interface*.

meras verfügen über einen *SDI*-²⁶ oder *HD-SDI*-Anschluss²⁷ mit *BNC*-Kupplung²⁸, die *Canon 5D Mark III* leider nicht. Das heißt, das *HDMI*-Signal muss erst gewandelt werden, um mit den genannten Geräten kompatibel zu sein. Diese Wandlung ist nur durch zusätzliches Videoequipment, wie Monitoren mit Wandlungssoftware (zum Beispiel: *TvLogic VFM-056WP*) oder speziellen *HDMI*-zu-*SDI*-Wandlern (zum Beispiel: *Black-magic Battery Converter HDMI zu SDI*) realisierbar. Das Wandeln des Signals benötigt Zeit, somit kommt es zu einem geringen Bildversatz zwischen Originalbild und der Darstellung auf dem Videomonitor. Dieser Versatz beträgt circa fünf Frames.

Professionelle Videokameras verfügen über verschiedene Bildraten, verschiedene Kodierungs-, Komprimierungs- und Pixelauflösungsvarianten. Bei der *Canon 5D Mark III* trifft dies nur auf die Bildraten, Pixelauflösung und Komprimierung zu. Es gibt nur eine *H.264*-Kodierung mit zwei verschiedenen Bitraten pro Pixelauflösungsart, wobei die höchste Bitrate (*MPEG4 4:2:0 91 Mb/s*) nur die Hälfte einer professionellen Kodierung (zum Beispiel: *ProRes 4:2.2 184 Mb/s*) erreicht.

Die *Canon 5D Mark III* verfügt über die Bildraten 23.97FPS²⁹, 25FPS und 29.97FPS im *FullHD*-Modus, es gibt keine Möglichkeiten für Highspeed-Aufnahmen. Die maximale Bildrate ist 59.94FPS, dies ist nur durch eine Reduzierung der Pixelauflösung auf 1280x720 Pixel möglich.

Die höchste Pixelauflösung der Kamera im Fotomodus beträgt 5760x3840 Pixel. Für den Videomodus werden nur 1920x1080 Pixel genutzt was das absolute Minimum für professionelle Videoproduktionen darstellt. Die Kamera ist also definitiv in der Lage ein 2K- oder 4K- Signal (2K = 2048x1536 Pixel, 4K = 4096x3072 Pixel) auszugeben, was jedoch aufgrund der Software nicht möglich ist. Die 2K- und 4K- Signale bieten für die Postproduktion mehr Möglichkeiten der Bildbearbeitung.

Ein sehr großes Problem der *Canon 5D Mark III* und des Speichermediums (*Compact-Flash-Karte* oder *CF-Karte*) mit sich bringt, ist die *CF*-Kartenformatierung (*FAT32*³⁰) und somit die Speicherung von Dateien beziehungsweise Videoclips. Die Speicher- menge darf maximal vier Gigabyte, oder bei geringerer Komprimierung, eine Aufnah- medauer von 29 Minuten und 59 Sekunden betragen. Wenn die maximale Datenmen- ge erreicht ist, stoppt die Kamera die Aufnahme automatisch und muss manuell erneut gestartet werden. Die Begrenzung von vier Gigabyte kann durch die Veränderung der Kartenformatierung umgangen werden. Ganz im Gegenteil zu der zeitlichen Begren-

²⁶ *SDI* dient der Übertragung unkomprimierter Bildsignale und steht für *Serial Digital Interface*

²⁷ *HD-SDI* dient der Übertragung unkomprimierter Bildsignale und steht für *High Definition Serial Digital Interface*

²⁸ *BNC* ist ein Koaxialstecker und steht für *Bayonet Neill Conclaman*

²⁹ FPS entspricht *Frames Per Second*

³⁰ *FAT32* ist ein windowsbasierendes Dateisystem und bedeutet *File Allocation Table*.

zung, welche aufgrund von Zollbestimmungen und erhöhten Abgaben besteht. Unter der Voraussetzung, dass die *Canon 5D Mark III* einen längeren Zeitraum als 29 Minuten und 59 Sekunden aufzeichnen kann, würde es sich nicht mehr um einen Fotoapparat, sondern um eine Rekorder handeln, welcher anderen Zollbestimmungen unterliegt. Das genaue Schreiben des Herstellers *Canon* ist als *Anhang 1* im Anhang dieser Arbeit zu finden.

Der 35mm-Sensor der Kamera ist ein *CMOS-Sensor*³¹, welcher das Problem des *Rolling Shutter* mit sich bringt. Dies basiert auf der Art wie die Kamera den Sensor ausliest und erfolgt bei einem *CMOS-Sensor* zeilenweise von oben nach unten. Durch das genannte Verfahren beginnen in speziellen Fällen vertikale Linien im Bild nach rechts oder links zu kippen. Dieses Problem gibt es bei den meisten semiprofessionellen und professionellen Kameras in unterschiedlicher Stärke. Ausnahmen sind professionelle Kameras mit einem *Global Shutter*-System oder einem dreifach *CCD-Chip*³².

Um die professionelle Arbeit mit der *Canon 5D Mark III* mit Videofunktion zu ermöglichen, benötigt man sehr viel Zusatzequipment wie Kamerariggs, Schärfesysteme, Monitore, Signalwandler und Stromversorgung. Jenes Zusatzequipment muss an der Kamera aufwendig montiert und verkabelt werden, wodurch eine Menge potentielle Fehlerquellen entstehen, die den reibungslosen Ablauf der Filmproduktion gefährden. Aufgrund der vielen Komponenten, die an der Kamera montiert sind, wird das Kamerasystem oft sehr unhandlich und frontlastig. Die Kamera ist nicht auf der Schulter des Kameramannes ausbalanciert, sondern fällt nach vorn.

Die alleinige Arbeit mit der *Canon 5D Mark III* ohne Schärfesystem ist sehr aufwendig, da es basierend auf der Sensorgröße sehr kompliziert ist, die Schärfe zu kontrollieren.

³¹ *CMOS-Sensor* ist ein aktiver Pixelsensor welcher durch *CMOS-Technik* gefertigt wird.

³² *CCD-Chip* oder –Sensor entspricht *Charge-Couple Device*

3.3 *Magic Lantern* als Alternative zur Canon-Software

Der wesentliche Punkt, welcher die *Magic-Lantern*-Software von der von *Canon* standardmäßig installierten Software unterscheidet, ist die Möglichkeit das Videomaterial in einer *RAW*-Kodierung aufzuzeichnen. Diese Kodierung, auf die im Gliederungspunkt 4.2 näher eingegangen wird, zeichnet sich durch eine sehr geringe Komprimierung des Videomaterials aus und bildet somit die Grundlage für eine optimale Bearbeitung in der Postproduktion. Diese Bildqualität wird in Abbildung 13 sichtbar.



Abbildung 13: : Beispielmateriale für RAW-Kodierung

Die Weiterverarbeitung der aufgenommenen Dateien ist allerdings sehr zeitaufwendig, da die Dateien erst umkodiert werden müssen um sie in Schnitt- oder *Grading*-Software einzubinden. *Magic Lantern* bietet neben der *RAW*-Codierung auch die Variante einer *H.264*-Kodierung welche der Kodierung der *Canon*-Software gleicht. Dieser Codec muss nicht für die Nachbearbeitung gewandelt werden, ist jedoch sehr stark komprimiert. Durch die starke Komprimierung verliert man Bildinformationen, wobei der Verlust bei der *Canon 5D Mark III* in der Überbelichtung besonders zur Geltung kommt. Ein Vorteil des *H.264*-Codecs ist das dieser neben dem Bildsignal, auch das Audiosignal speichern kann. Das Speichern der Audiospuren ist im Modus der *RAW*-Kodierung nicht möglich und muss somit extern erfolgen.

Bei der internen Tonaufzeichnung bietet *Magic Lantern* einige Vorteile im Vergleich zur *Canon*-Software. Standardmäßig zeichnet die Kamera zwei Audiospuren auf, welche jedoch identisch sind und nicht getrennt von einander mit unterschiedlichen Mikrofonen belegt werden können. Diese Möglichkeit bietet jedoch *Magic Lantern*, indem die Option geboten wird ein externes Mikrofon über dem *Mic*-Eingang der Kamera auf die linke oder rechte Audiospur zu legen und das interne Mikrofon der Kamera auf die entsprechend andere Spur. Beide Spuren können im Menü der Kamera separat gepegelt werden. Außerdem besteht die Möglichkeit die Audiometer beider Spuren auf dem Kameradisplay anzeigen zu lassen, um das Signal zu überprüfen. *Canon* stellt in dem eigenen Audiomenüpunkt nur eine automatische Pegelkontrolle, beziehungsweise ein

manuelles Pegeln beider zusammenhängender Audiospuren zur Verfügung. Des Weiteren ist es mit der *Canon*-Software nicht möglich die Audiometer im Display anzeigen zu lassen.

Funktionen, die *Canon* nicht bietet sind Funktionen zur Einschätzung der Belichtung während der Aufnahme, wie zum Beispiel eine *Waveform*-Anzeige³³ oder eine so genannte *Zebra*-Funktion³⁴. Zur besseren Bestimmung der Farbwerte ist es möglich sich ein Vektorskop anzeigen zu lassen. Diese Funktion bietet *Canon* ebenfalls nicht. Die Anzeige der Audiospuren und eine Übersicht der Display-Zusatzfunktionen von *Magic Lantern* werden in der Abbildung 14 dargestellt. Die einzige gleiche Zusatzfunktion, welche *Magic Lantern* und die *Canon*-Software gemeinsam haben, ist die Anzeige des Histogramms³⁵, wobei die Funktion bei *Canon* nicht während der Aufnahme im Display dargestellt wird.



Abbildung 14: Übersicht der Display-Funktionen von Magic Lantern

Ein zusätzlicher Punkt im Menü von *Magic Lantern* ist das *Peaking*, welches der Einschätzung der Schärfe des zu fokussierenden Bereichs im Bild dient. Hierbei werden die schärfsten Punkte im Bild farblich hervorgehoben, was eine alleinige Bedienung der Kamera erleichtert. Hierbei handelt es sich um eine Hilfsfunktion im Display wobei die grafische Darstellung keine Auswirkungen auf das aufgenommene Material hat.

Magic Lantern bietet die Möglichkeit mit *Cropmasks* zu arbeiten, diese sind vergleichbar mit Mattscheiben aus analogen Filmkameras und dienen als Hilfsmittel um mit anderen

³³ Waveform ist die grafische Darstellung eines Signals in Wellenform

³⁴ Die Zebra-Funktion stellt Helligkeitswerte prozentual in grafischer Form im Kameradisplay dar.

³⁵ Histogramm ist eine grafische Darstellung der Helligkeitsverteilung im Bild

Seitenverhältnissen als 16:9/1,77:1 zu arbeiten. Genannte *Cropmarks* sind im Fall von *Magic Lantern* .png-Dateien, die über das Kameramenü in das Display geladen werden können. Jene Dateien können nutzerspezifisch, in beispielsweise *Adobe Photoshop*³⁶ erstellt werden und ermöglichen die Arbeit in einem anderen Seitenverhältnis von beispielsweise 21:9/2,35:1, ohne dabei die Informationen des vollen 16:9-Bildbereichs zu verlieren. Durch diese Zusatzleistung, welche in Abbildung 15 veranschaulicht wird, gelingt es in der Postproduktion das 21:9-Bild final im 16:9-Bildraum vertikal zu verschieben und anzupassen. Diese Funktion ist mit der Software von *Canon* nicht möglich. Das modifizierte Seitenverhältnis kann durch die *Magic-Lantern*-Software auf die nötigen Pixel reduziert werden. Die Kamera verarbeitet im Videomodus ein maximales Pixelverhältnis von 1920 x 1080 Pixeln, was einem Verhältnis von 16:9 oder 1,77:1 entspricht. Bei einem veränderten Arbeitsseitenverhältnis von 21:9/2,35:1 besteht die Option vertikale Pixelzeilen auf 823 Zeilen zu minimieren, also nur die absolut nötigen Pixel. Diese Reduzierung führt dazu, dass es zu keinen eventuellen Signalstörungen, aufgrund des hohen Datenstroms, bei der Übertragung des Materials auf die CF-Karte kommt.



Abbildung 15: Cropmarks mit unterschiedlichen Seitenverhältnissen

Der elementare Grund, die *Canon 5D Mark III* in Kombination mit *Magic Lantern* für die Produktion des Spielfilms *Schneeflöckchen* zu nutzen, war das Budget. Die Kamera war in der Produktionsfirma bereits vorhanden und die Installation der *Magic-Lantern*-Software bedarf keiner weiteren Kosten. Da kein Kamerabody angemietet werden musste und eine zweite Kamera vorhanden war, war es möglich, Zusatzequipment für zwei Kameras zu mieten. Somit konnte die gesamte Filmproduktion auf zwei Kameras umgesetzt werden, was zu einer effektiveren Arbeitsweise führte.

Magic Lantern ermöglichte es den Film *Schneeflöckchen*, ohne hohe Zusatzkosten für das Kamerasystem, in einem RAW-Format gedreht zu werden. Dieses Format garan-

³⁶ Adobe Photoshop ist ein Bildbearbeitungsprogramm der Firma Adobe

tiert einen großen Handlungsspielraum im Bereich der Postproduktion. Professionelle Kameras wie zum Beispiel eine *Arri Alexa Plus*, die über ein integriertes *RAW*-Format verfügen, sind für einen Mietpreis von 850 Euro pro Tag³⁷ zu erwerben. Der Produktionsfirma besaß nicht die, finanziellen Mittel, was ein weiterer Entscheidungsgrund für das *Canon-5D-Mark-III*-System war.

³⁷ Quelle: www.cine-service.de

4 Die Aufnahmeformate *RAW* und *H.264*

Im Zeitalter digitaler Video- und Filmkameras spielt der Prozess der Signalverarbeitung und -Speicherung eine signifikante Rolle. Durch eine Vielzahl digitaler Arbeits- und Speicherprozesse, die je nach Anbieter des technischen Equipments variieren, ergeben sich diverse Formate der Videomaterialspeicherung. Zu Zeiten der analogen Foto- und Cinematographie gab es Filmmaterial für Kunst- und Tageslicht in unterschiedlichen Lichtempfindlichkeiten (ASA-³⁸ beziehungsweise ISO-Werten³⁹). Dieses Material wird bei digitalen Kameras durch einen Sensor ersetzt, welcher mittels des Kameraprozessors auf Speicherkarten, Speicherdisks oder Festplatten aufzeichnet. Die Sensorempfindlichkeit kann über die entsprechenden Menüeinstellungen den herrschenden Lichtverhältnissen angepasst werden, ohne das Speichermedium wechseln zu müssen.

Die Art und Weise in welcher Form die Videosignale auf den Speichermedien abgelegt werden, ist bei fast allen Herstellern verschieden. Jede Kamera schreibt ein spezifisches Signal, wodurch eine Vielzahl von Speicherformaten entsteht. Durch die Standardisierung spezieller Speicherformen, den so genannten Codecs, ist es unterschiedlichen Kameras möglich einheitliche Dateiformate zu schreiben. Diese Standards führen zu einer Optimierung des Nachbearbeitungsprozesses, da die Codes in den Programmen der Postproduktion vorinstalliert sind beziehungsweise nachgerüstet werden können.

4.1 Das Aufnahmeformat *H.264*

*„Mehr Details, klare Farben, weniger Bildartefakte: Mit dem Videoformat H.264 erstrahlen digitale Videos in besserer Qualität und das bei weniger Platzbedarf. Egal ob HDTV, Blu-ray und HD DVD oder Video-Podcasts - an dem neuen Videoformat führt kaum ein Weg vorbei.“*⁴⁰

Bei der *H.264*-, oder auch *AVC*-Kodierung handelt es sich um einen im Jahr 2003 entwickelten Signalwandlungs-, Komprimierungs- und Speicherprozess, welcher unter

³⁸ ASA entspricht *American Standard Association*

³⁹ ISO entspricht *International Organisation for Standards*

⁴⁰ Quelle Zitat: www.netzwelt.de 17.042015 10:58

Zusammenarbeit der *ITU*⁴¹ und *MPEG*⁴²-*Visual* entstanden ist. Dieses Format basiert auf der *MPEG-4*-Kompression, welche dreimal effizienter ist als das Verfahren von *MPEG-2*. Das bedeutet, dass der *AVC*-Codec nur ein Drittel der Datenrate von *MPEG-2* benötigt um die gleiche Bildqualität darzustellen. Die Fähigkeit der starken Komprimierung, bei hoher Abbildungsqualität des Videosignals, macht *H.264* zur aktuell besten Videokompression auf dem internationalen Markt.

Das Verfahren der *MPEG*-Bildkomprimierung erfolgt durch die Einteilung des Bildes in Makroblöcke. Hierbei wird das Videobild in Quadrate unterteilt, welche bei *MPEG-4* aus vier mal vier Pixeln bestehen. Der Vorgänger *MPEG-2* hat eine Blockgröße von acht mal acht Pixeln, was den Codec aufgrund der erhöhten Analysefläche anfälliger für Bildartefakte macht. Die Abbildung 16 stellt diese Einteilung dar, wobei die Rastergröße der Makroblöcke im richtigen Größenverhältnis zueinander stehen, jedoch nicht der spezifischen Pixelauflösung entsprechen.

MPEG-2 8x8 Pixel

MPEG-4 4x4 Pixel

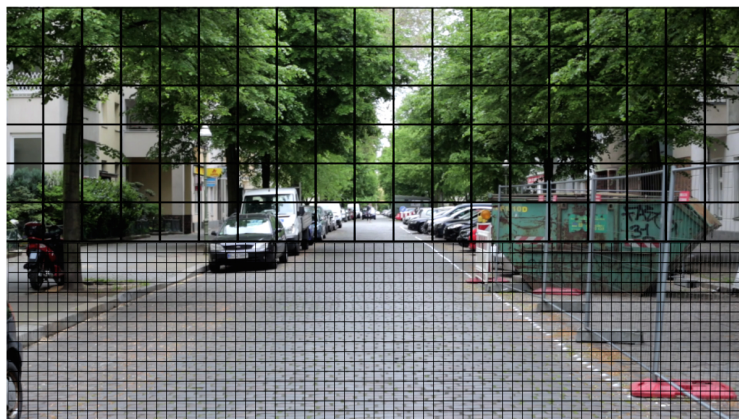


Abbildung 16: Darstellung der Bildabtastung durch Makroblöcke bezüglich MPEG-2 und -4

Jedes Quadrat wird vom Prozessor der jeweiligen Hardware separat untersucht. Die hohe Effizienz des Codecs kommt zu Stande, indem nur die Veränderungen jedes Einzelbildes im Bereich der Luminanz⁴³ und Chrominanz⁴⁴ des im Makroblock anliegenden Signals gespeichert werden. Das heißt, dass im Falle einer festen, weitwinkligen Kameraeinstellung und blauem Himmel, ohne Wolken, die Informationen des Himmels nicht für jedes Einzelbild neu berechnet werden müssen, sondern dem Codec vom ersten Frame der Einstellung an bekannt sind. Es müssen also nach einmaliger Spei-

⁴¹ *ITU* entspricht International Television Union

⁴² *MPEG* entspricht Moving Picture Experts Group und ist eine Verfahren der Videokompression

⁴³ Luminanz entspricht der Helligkeitsinformation eines Bildsignals

⁴⁴ Chrominanz entspricht der Farbinformation es Bildsignals

cherung des gesamten Himmels nur geringe Datenmengen für die Signaländerungen gespeichert werden, da sich die Kamera nicht bewegt und somit kaum neue Informationen in die Makroblockflächen gelangen.

Durch die feine Abtastung des Materials, ergibt sich eine detailgenaue Wiedergabe und Speicherung des Originalbildes, wie zum Beispiel bei feinstrukturierten Oberflächen oder Haut, deren Bildwirkung wesentlich schärfer ist, als die älterer Formate.

Aufgrund der sehr guten Qualität bei geringer Datenmenge eignet sich das AVC-Format für eine Vielzahl moderner und zukünftiger Übertragungswege, wie zum Beispiel *HD DVD*, *Blu-Ray*, *Internet* und semiprofessioneller Videokameras, wie der *Canon 5D Mark III*, was ihn zum Standard dieser Bereiche macht.

Diese Bereiche entwickeln jedoch eigene, produktspezifische Codecs, welche auf dem *H.264*-Codec basieren und ihn somit nur theoretisch als Standard festlegen. Der Hersteller Sony nutzt den Codec beispielsweise für seinen hauseigenen *AVCHD*-Codec⁴⁵, welcher in Videokameras zum Einsatz kommt. Microsoft kodiert das *WMV9*-Videoformat⁴⁶ mittels *H.264*, um die Nutzung des Videomaterials mittels *Windows Media Player* gewährleisten zu können. Diese Vielzahl entstehender AVC-Varianten sorgt teilweise für Kompatibilitätsprobleme für Software der digitalen Postproduktion.

Ein weiteres Problem, dass der Codec mit sich bringt, ist die sehr hohe Rechenleistung, welche ein System zur Abspielung und Encodierung von AVC benötigt.

Die *Canon 5D Mark III* verfügt über zwei verschiedene Arten der Speicherung des *H.264*-Signals. Einerseits den *IPB*-Modus, welcher das Videosignal mit einer *Interframe*-Kompression auf dem Speichermedium ablegt und andererseits dem *ALL-I*-Modus, welcher das Material in *Intraframes* speichert. Die *Interframe*-Kompression basiert auf dem Prinzip des Setzens von Schlüsselbildern, den *I-Frames* und der Speicherung der Veränderung der Bildinformation der Folgebilder. Diese Folgebilder werden als *P*- und *B-Frames* bezeichnet, wobei sich *P-Frames* auf die Luminanz und Chrominanz des vorher gespeicherten *I-Frames* beziehen und *B-Frames* auf die Informationen des folgenden *I-Frames*.

⁴⁵ *AVCHD* ist ein Codes der Marke Sony und bedeutet *Advanced Video Codec High Definition*

⁴⁶ *WMV9* ist Videoformat von Microsoft und bedeutet *Windows Media Video*

Der Prozess der Interframekompression wird durch die Abbildung 17 veranschaulicht.

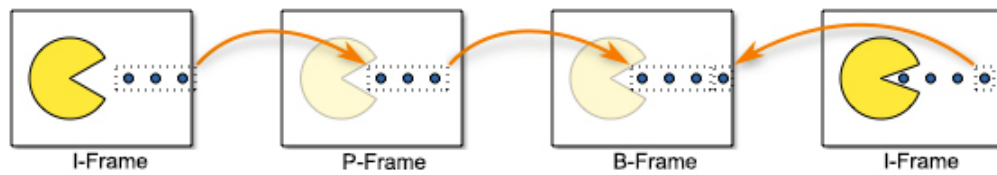


Abbildung 17: Interframekompression

Die *Intraframe*-Kompression widerspricht dem klassischen Prinzip der *MPEG*-Verarbeitung, da dieses Verfahren nicht die Veränderung von *Intraframes* und *P*- und *B*-Frames berechnet. Bei dieser Art der Kompression wird jedes Einzelbild als *I-Frame* mit voller Bildinformation auf dem Speichermedium abgelegt.

Durch die hohe Zahl an *Intraframes* verbessert sich die Wiedergabe des Originalbildes im Gegensatz zu dem, der *Interframe*-Kompression. Bei festen Kameraeinstellungen kommt dieser Unterschied nicht stark zur Geltung. Bei der bewegten Kameraführung, wie beispielsweise Schwenks, in denen sich die Bildinformationen stark verändern, ist ein markanter Unterschied zu erkennen.



Abbildung 18: Vergleich Standbild ALL-I- und IPB-Kompression



Abbildung 19: Vergleich Standbild ALL-I- und IPB-Kompression 500 Prozent Vergrößerung

Die Abbildung 18 und 19 stellen die Videoaufzeichnung der beiden Kompressionsmodi *ALL-I* und *IPB* dar. Die Kamera war fest montiert und die Aufnahme wurde mit 1/50 Sekunde Belichtungszeit und einer Pixelauflösung von 1920 x 1080 Pixeln durchgeführt. Die *ALL-I*-Aufnahme unterscheidet sich jedoch nur geringfügig im Bereich der Bildschärfe von der, der *IPB*-Aufnahme. Dieser geringe Unterschied kommt zustande da die Kamera nicht bewegt wird und somit nur wenige Bildartefakte aufgrund der Berechnung der folgenden *P*- und *B-Frames* entstehen können.

Der Qualitätsunterschied der beiden Kompressionen kommt bei einem horizontalen Kameraschwenk deutlich zum Vorschein. Die Abbildungen 20 und 21 zeigen einen Schwenk von drei Sekunden Länge und einer Belichtungszeit von 1/50 Sekunde. Beide Kompressionstypen haben einen starken Qualitätsverlust im Bezug auf die Bildschärfe vorzuweisen, wobei dieser Verlust einerseits der Dauer der Belichtungszeit und andererseits der starken Videokompression durch den *H.264*-Codec zuzuschreiben ist. Jedoch ist in der Abbildung 21, welche eine fünffach vergrößerte Variante der Abbildung 20 ist, deutlich zu sehen, dass die rechte Interframe-Kompression das Bild deutlich mehr verzeichnet, als die der *Intraframe*-Kompression. Diese Verzeichnung ist dem hohen Kompressionsrechenaufwand verschuldet, da sich während der Kamerabewegung jedes Einzelbild zu einem großen Teil komplett erneuert.



Abbildung 20: Vergleich von *ALL-I* und *IPB* bei einem horizontalen Kameraschwenk

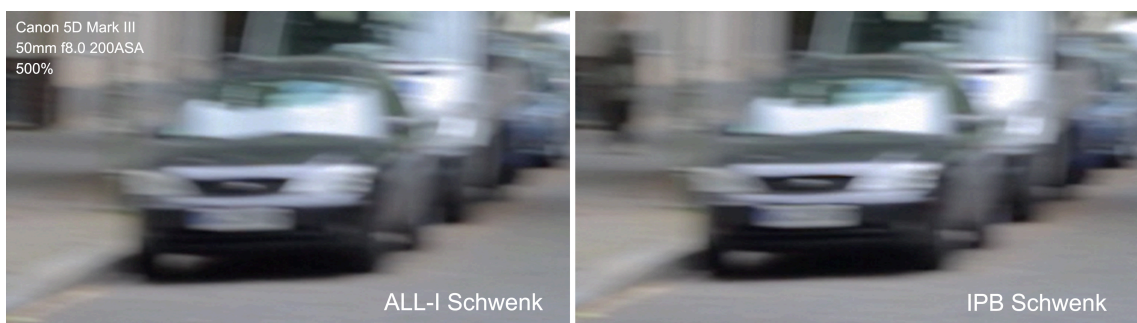


Abbildung 21: Vergleich von *ALL-I* und *IPB* bei einem horizontalen Kameraschwenk bei 500 Prozent Vergrößerung

Der Bildqualitätsgewinn der *ALL-I*-Kompression spiegelt sich vor allem in der Datenrate wieder, denn das *Intraframe*-Material, mit einem Datenstrom von 90 MBit/s, ist fast 300 Prozent größer als das Material, welches mit dem Verfahren der Interframe-Kodierung, unter gleichen Bedingungen und einer Datenrate von 31 MBit/s, aufgezeichnet wurde.

Der Unterschied der beiden Kompressionsprozesse spiegelt sich ebenso in der Postproduktion wieder. *Intraframe*-Material kann problemlos in Schnittprogrammen eingebunden und bearbeitet werden, da jedes einzelne Bild vorhanden ist. Bei *interframe*-kodiertem Material müssen die berechneten *P*- und *B-Frames* erst aufwendig dekodiert werden und es kommt zu stark erhöhten Renderzeiten bei der Verarbeitung von Filtern und Effekten, als auch bei dem Export des Videomaterials. Daher bietet es sich an, das *Interframe*-Material vor der Postproduktion zu wandeln. Dieses kann direkt im Schnittprogramm über das *Import-Tool* geschehen, oder mit externer Software wie *Compressor* oder *Episode*.

Die *H.264*-Kodierung stellt eine der besten Videokompressionen im Bezug auf ein *FullHD*-Signal dar. Durch die stetige Entwicklung von Videotechnik und der immer höher auflösenden Formate, wie beispielsweise *UltraHD* mit einer Pixelauflösung von 3840 x 2160 Pixeln, bedarf es neuerer und zudem noch stärkerer Komprimierungsverfahren. Der Codec, welcher in naher Zukunft *H.264* ablösen wird, nennt sich *H.265*. Diese neue Art der Videokomprimierung mit dem Namen *High Efficiency Video Coding*, komprimiert den Datenstrom des Signals doppelt so stark, wie *H.264* und das bei gleichbleibender Qualität.

4.2 Das Aufnahmeformat RAW

„We are building this camera because, as consumers ourselves, we can't find an option we like.“⁴⁷ James Jannard, Gründer der Firma *RED Cameras* bezüglich *RED*, 2006

Diese Worte sprach James Jannard, der Gründer der Firma *RED Cameras*, bezogen auf das erste Produkt seines Unternehmens, die *RED One*. Diese Kamera ist die erste digitale 35mm-Kamera, welche über die Möglichkeit verfügt, ein digitales Negativ eines Videosignals, dass so genannte *RAW*, zu speichern.

Die Aufzeichnung von digitalen *RAW*-Daten, zu deutsch Rohdaten, kam ursprünglich nur in der digitalen Fotografie zum Einsatz und hatte ihren Anfang im Jahr 2004. Bei diesen Rohdaten handelt es sich um Bilddateien, die nicht durch den Kameraprozessor vorkomprimiert sind und somit sämtliche Informationen des Sensors bezüglich des Weißabgleichs, der Belichtung, des Kontrastes, und der Bildschärfe beinhalten. Ein *RAW*-Bild wirkt auf den ersten Blick entsättigt, kontrastarm und leicht unscharf, da es wie der analoge Negativfilm erst entwickelt werden muss. Allerdings ist das Videomaterial Positivmaterial, und dies bedeutet es kann direkt nach der Aufnahme abgespielt werden. Die Entwicklung der aufgezeichneten Daten erfolgt mit spezieller Postproduktionssoftware, wie zum Beispiel *RED CINE-X PRO* oder *ARRIRAW Converter*, mit der bildrelevante Komponenten definiert werden. Mittels Computerprogrammen dieser Art ist es möglich das *RAW*-Videosignal visuell zu optimieren, indem Farbkonzepte vorher programmiert, mittels einer Speicherkarte in die Kamera und somit auf die verschiedenen Monitore installiert werden.

Der Prozess der Speicherung eines *RAW*-Signals unterteilt sich in zwei Bereiche, dem *Bayering* und dem *De-Bayering*. Diese Verfahren gleichen einer digitalen Variante des Aufzeichnens und des Entwickelns von analogem Filmmaterial. Bei komprimierten Videomaterial, wie zum Beispiel *H.264*-Aufnahmen, werden beide Rechenverfahren von dem Bildsensor und dem Prozessor übernommen, wobei bei *RAW*-Material nur der erste Aufzeichnungsprozess, das *Bayering* in der Kamera geschieht. Im ersten Speicherverfahren werden nur die Helligkeitsinformationen des Bildes gesichert. In Folge dessen ist das Signal anfangs nur schwarz-weiß ist. Um die Farbinformationen zu erlangen, wird der Bildsensor mit einem Farbfilter belegt, welcher einem Raster mit unterschiedlichen, prozentualen Grün- (50%), Rot- (25%) und Blauanteilen (25%) gleicht. Jedes Segment des Rasters besteht aus vier Pixeln mit der zwei grünen, einem roten

⁴⁷ Quelle Zitat: www.quoteswise.com

und einem blauen Pixel, welche mittels *Pixel Binning* zusammengerechnet werden und resultierend einen klar definierten Farbton ergeben. Der Anteil an Grün dominiert, da im menschlichen Sehverhalten 72 Prozent der Helligkeitswahrnehmung im Grünkanal abläuft. Die Analyse der Helligkeitswerte und das Farbfilterverfahren, mittels *Bayer-Pattern*, wird in der Abbildung 22 verdeutlicht, wobei die Rastergröße hierbei nicht der Realität entspricht und nur zu Veranschaulichung dient. Mit diesen entstehenden Luminanz- und Farbinformationen welche jedoch verschlüsselt sind, wird die Videodatei verschlüsselt auf dem Speichermedium der Kamera abgelegt. Das *Bayering*-Verfahren ist somit abgeschlossen.

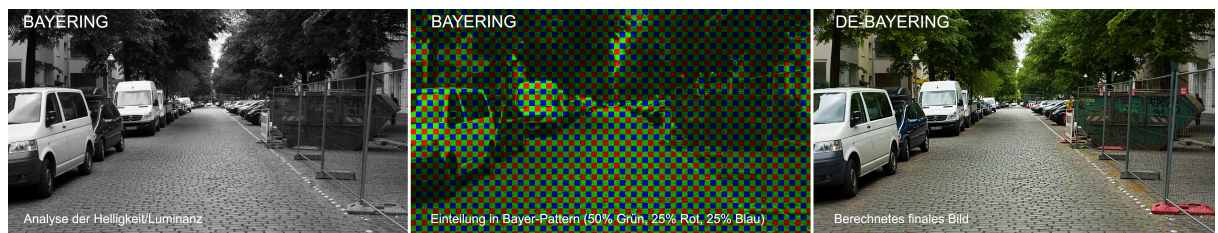


Abbildung 22: Prozess des Bayerings und De-Bayerings

Bei *RAW*-Videomaterial findet das *De-Bayering* nicht in der Kamera statt, sondern auf einem externen Computersystem. Die Software zur Entschlüsselung des *RAW*-Signals muss das Filterraster erkennen und somit über bestimmte Algorithmen das tatsächliche Videobild berechnen. Auf der Abbildung 22 wird diese Berechnung im Verlauf von dem zweiten zum dritten Bild von links deutlich. Die *Bayer-Pattern* werden durch echte Pixel ersetzt, beziehungsweise errechnet. Das *De-Bayering* kommt dem Prozess der Entwicklung von analogem Filmmaterial nah, trotz allem bietet das digitale Entwickeln deutlich mehr Möglichkeiten der Bearbeitung und der Korrektur des Materials. Die Abbildung 23 und 24 der folgenden Seite 34, stellt den *De-Bayering*-Prozess mit Hilfe von Adobe *Photoshp* und *Camera RAW* dar. Auf der rechten Seite der Abbildung 23 befinden sich alle, für das *De-Bayering* relevanten Parameter, welche an die jeweiligen Nutzer- oder Produktionsbedürfnisse angepasst werden können. Eine vollständige Darstellung aller Einstellungsmöglichkeiten ist in der Abbildung 24 zu sehen.

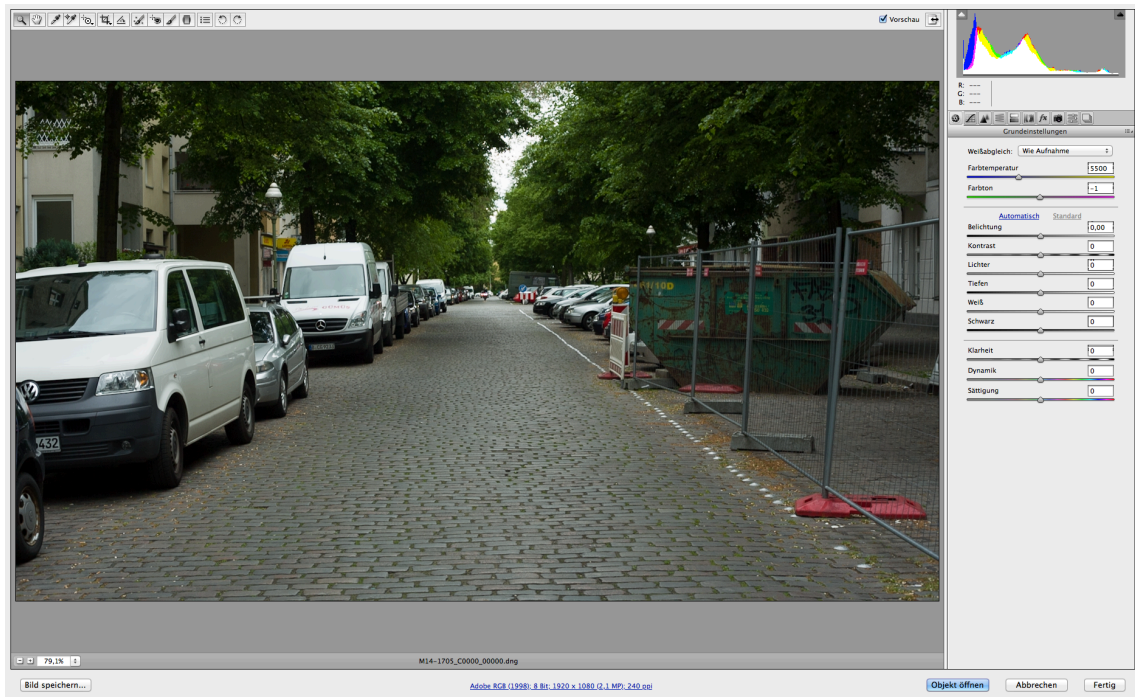


Abbildung 23: Prozess des De-Bayerings mittels Adobe Camera RAW

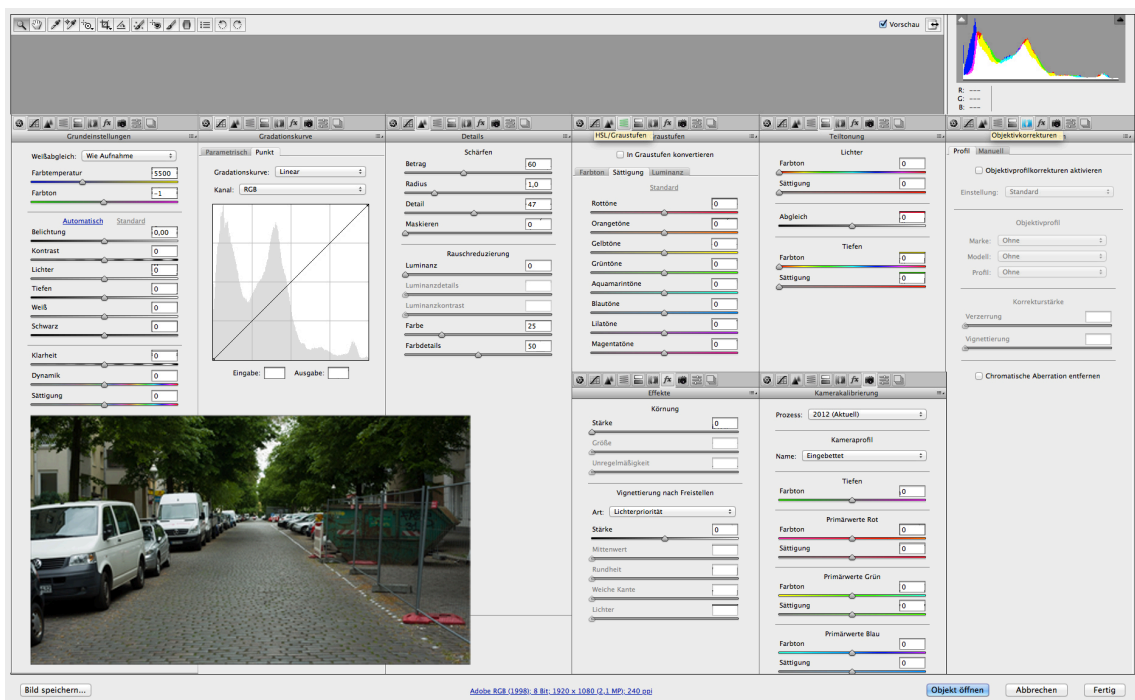


Abbildung 24: Einstellungsmöglichkeiten für RAW-Material durch Adobe Camera RAW

Ein Video-RAW-Signal verfügt über eine Farbtiefe von 14 Bit, was bedeutet, dass das Material über 16384 unterschiedliche Helligkeitsabstufungen darstellen kann. Im Vergleich zu dem im Gliederungspunkt 4.1 beschriebenen H.264-Codec, welcher nur über eine 8-Bit-Farbtiefe und somit 255 Abstufungen verfügt, ist das RAW-Format deutlich

dynamischer. Resultierend aus dem deutlich höheren Blendenumfang, des *RAW*-Materials gleicht das aufgezeichnete Bild deutlich mehr der Realität und demnach dem menschlichen Sehverhalten, als eine *H.264*-Aufnahme. Die Abbildungen 25 und 26 stellen den Vergleich von einem *RAW*- und einem *H.264*-Signal dar. Es ist eindeutig zu sehen, dass in der linken Abbildung keine über- beziehungsweise unterbelichteten Bereiche vorhanden sind, was dem hohen Blendenumfang zu verdanke ist. In der rechten Abbildung sind in den Schattenbereichen und im Himmel keine Abstufungen mehr erkennbar, dies ist den geringen Blendenumfang von acht Stufen zu verdanken.



Abbildung 25: Vergleich von RAW- und H.264 Videomaterial



Abbildung 26: Vergleich von RAW- und H.264-Videomaterial bei 300 Prozent Vergrößerung

Diese Masse an Bildinformation spiegelt sich jedoch im Datenstrom des Signals wieder. Das *RAW*-Format der *RED Epic*⁴⁸ basiert auf einem Datenstrom von 23 MB/s⁴⁹, bei geringster Komprimierung und einer Pixelauflösung von 1920x1080 Pixeln, jenes entspricht der doppelten Datenmenge des *H.264*-Codecs (Datenrate *Canon 5D Mark III* im *ALL-I*-Modus: 90 MBit/s oder 11,25 MB/s) entspricht. Jedoch ist der Datenstrom der *RED Epic* deutlich geringer als der des Marktführers, der *Arri Alexa*. Für diese Kamera ist es im *RAW*-Modus nur möglich ein Signal mit einer Pixelauflösung von 2,8K, beziehungsweise 2880x2160 Pixel aufzuzeichnen. Dies führt dazu, dass die

⁴⁸ *RED EPIC* ist ein Kameramodell der Firma *RED Cameras*

⁴⁹ Quelle: *RED* iPhone-App: *REDTools/RECORDING TIME*

Alexa den Datenstrom der *RED* bereits nach vier Einzelbildern überschritten hat. Bei einer Bildrate von 25 Bildern pro Sekunde, wird das *Arri-RAW*-Signal mit einem Datenstrom von 175 MB/s⁵⁰ auf den Speichermedien abgelegt. Die *Canon 5D Mark III*, modifiziert durch *Magic Lantern*, schreibt im *RAW*-Modus ein 90-MB/s-Signal, welches sich genau zwischen den Datenströmen von *Arri* und *RED* platziert.

Das *RAW*-Format kommt hauptsächlich bei professionellen Filmproduktionen zum Einsatz. Trotz dessen ist die Verwendung des Codecs im semiprofessionellen Bereich signifikant angestiegen, da immer mehr Kameras mit niedrigem Nettopreis in den Markt eingeführt werden, die über die Möglichkeit der *RAW*-Aufzeichnung verfügen. Dieser Markt wird unter anderem von den Herstellern *Sony* mit der *PXW-FS7* oder von *Blackmagic* mit der *Production Camera 4K* bedient. Diese beiden Kameramodelle verfügen über die Möglichkeit des *RAW*-Modus und befinden sich in einem Nettopreisbereich von 2.700 Euro bis 6.400 Euro⁵¹.



Abbildung 27: Darstellung verschiedener Kameramodelle

Das Arbeiten mit *RAW*-Material eröffnet eine Vielzahl von Bearbeitungswegen in der Postproduktion, welche sich auf das Optimieren des Materials oder das Korrigieren fehlerhafter Aufnahmen bezieht. Der Preis für diese technischen Möglichkeiten ist der enorme Speicherplatz den das *RAW*-Signal benötigt. Am Beispiel des Spielfilms *Schneeflöckchen* wird der Umfang des Speicherplatzbedarfs sichtbar. Dieser beträgt mit allen Sicherungsdateien eine Rohdatenmenge von 34 Terrabyte.

Der Vergleich des *RAW*-Formats mit der *H.264*-Kodierung scheint auf den ersten Blick eher ungerecht. Jedoch ist es der *AVC*-Kodierung während der schnellen und stark komprimierten Speicherung nicht möglich die volle Leistungsfähigkeit darzustellen. Dies liegt daran, dass der Codec an der falschen Stelle des Prozesses von Aufnahme und Postproduktion zum Einsatz kommt. Die Abbildung 28 zeigt zwei verschiedene

⁵⁰ Quelle: www.arri.com

⁵¹ Quelle des Preisbereichs: www.videodata.de

H.264-Kodierungen, welche einerseits mit einem Durchgang, in der Kamera, kodiert wurden und andererseits, mittels *Davinci Resolve* und *Compressor*, am Computer, mit mehreren Durchgängen. Diese mehreren Durchgänge ermöglichen ein genaueres Abtasten und Berechnen des Grundmaterials, wodurch ein besseres Endergebnis der H.264-Kodierung entsteht. Es ist deutlich zu sehen, dass das linke Signal der Abbildung 28, wesentlich detailreicher und schärfer ist und das bei gleicher Datenrate von 90 Megabyte pro Sekunde.



Abbildung 28: Vergleich unterschiedlicher H.264-Kodierungen bei gleicher Datenrate



Abbildung 29: Vergleich unterschiedlicher H.264-Kodierungen bei gleicher Datenrate und 300 Prozent Vergrößerung

Die genauere und mehrfache Berechnung des Grundmaterials, erfordert jedoch deutlich mehr Rechenleistung, welche die *Canon 5D Mark III* nicht besitzt und da die Kamera über keine integrierte Kühlung verfügt, würden diese starken Rechenprozesse zur Überhitzung der Kamera und somit zu eventuellen Schäden der Kamera führen. Ein weiterer Punkt, welche die Kodierung mit mehreren Durchgängen nicht ermöglicht, ist die Rechenzeit. Bei der Aufnahme von Videomaterial erfolgt die Berechnung und Verarbeitung in Echtzeit, was bedeutet, dass die Aufnahme, welche eine Sekunde und elf Frames lang ist, in der selben Zeit berechnet wird. Die Berechnung des Signals

von circa 1,5 Sekunden Länge benötigt am Computer eine Berechnungszeit von 16 Sekunden⁵², was der 10,6-fachen Länge des Originals entspricht.

Die beiden Codecs sind also von einander abhängig, da das *RAW*-Material die professionelle Grundlage für die *H.264*-Kodierung liefert. Der *AVC*-Codec ermöglicht es dem *RAW*-Signal gebündelt zu werden und in hoher Qualität auf Medien, wie *Blu-Rays* oder Datenpaketen für beispielsweise *iTunes*, Platz zu finden.

⁵² Berechnung mit *MacBook Pro*, 2,93 GHz *Intel Core Duo*, 4 GB *DDR* via *Compressor*

5 Analyse der Bildqualität

Die Analyse von Foto- und Videomaterial ist oft sehr schwierig, da nur in den seltensten Fällen eindeutig geklärt ist, ob und wenn ja, wie stark die Bilder bearbeitet wurden. Die wesentlichen Aspekte, welche für das menschlich Sehverhalten relevant sind, sind Kontrast- und Farbverhalten. Da das Auge nicht rasterbasierend ist, ist die Auflösung des Bildmaterials um so wichtiger, da diese für die Brillanz und Detailfreudigkeit des Bildmaterials verantwortlich ist. Alle in diesem Abschnitt erstellte Videoaufnahmen, basieren auf einem *CMOS*-Sensor der *Canon 5D Mark III*, welcher über die typischen Charakteristiken dieses Sensortyps verfügt.

5.1 *H.264*-Bildqualität ohne *Magic Lantern*

Die *H.264*-Aufnahmen, welche mit der *Canon 5D Mark III* erstellt wurden, charakterisieren sich durch ein kontrastreiches Videobild. Diese Kontraste sind jedoch sehr hart, was bedeutet, dass der Dynamikumfang von acht Bit die Helligkeitsabstufungen stark limitiert und die Bildinformationen in der Unter- und Überbelichtung eher verloren gehen, als bei professionellen Videocodecs. Daraus resultiert, je stärker die Kontraste des abzubildenden Objekts sind, desto schlechter wird die Bildqualität des *H.264*-Signals.

Die *H.264*-Farbeigenschaften typisieren sich durch übersättigte und klare Farben. Diese Übersättigung kommt besonders in Rottönen zum Vorschein wodurch Hautfarben künstlich und rote Segmente des Bildmaterials meist zu hell und unnatürlich wirken. Im Bereich der Grüntöne tritt ebenfalls eine verstärkte Sättigung auf, allerdings nicht in der Intensität, wie bei den Rottönen. Der eingeschränkte Dynamikbereich beeinflusst auch das Farbmanagement des Codecs, da die Graustufen für die Luminanz des jeweiligen Farbtons verantwortlich sind. Die Anzahl der darzustellenden Farben, steht in direktem Zusammenhang mit der Anzahl der maximalen Graustufenanzahl.

Durch den digitalen Tiefpassfilter, welcher ein Bestandteil des *De-Bayerings* ist, kommt es selten zu *Moiré*-Effekten, jedoch verliert das Material an Brillanz und wird leicht unscharf. Je feiner die Strukturen und Details, wie beispielsweise bei halbtotalen und totalen Videoaufnahmen, desto stärker wird die Arbeit des Tiefpassfilters sichtbar.

5.2 H.264-Bildqualität mit Magic Lantern

Es gibt keinen sichtbaren Unterschied zwischen der *H.264*-Kodierung von *Magic Lantern* und *Canon*. Bei genauerer Betrachtung, fällt auf, dass das Kontrastverhalten von *Magic Lantern* minimal besser ist, wodurch die Kontraste eine etwas weichere Bildwirkung erzielen.

Im Bezug auf das Farbmanagement der *Magic-Lantern*-Kodierung gibt es keine Unterschiede, da beide Kodierungen acht-Bit-basierend sind und von dem selben Bildsensor verarbeitet werden.

Die Abbildung 30 zeigt die unbearbeitete und bearbeitete Aufnahme eines *H.264*-Signals, welche mit der *Canon 5D Mark III* aufgezeichnet wurde. Der Bereich A ist farblich nicht bearbeitet worden und verfügt über sehr kräftige Farben. Durch die Reduzierung der Dynamik, wie es in Bereich B zu sehen ist, wird eine natürliche und organische Darstellung des Materials zu erzeugen.

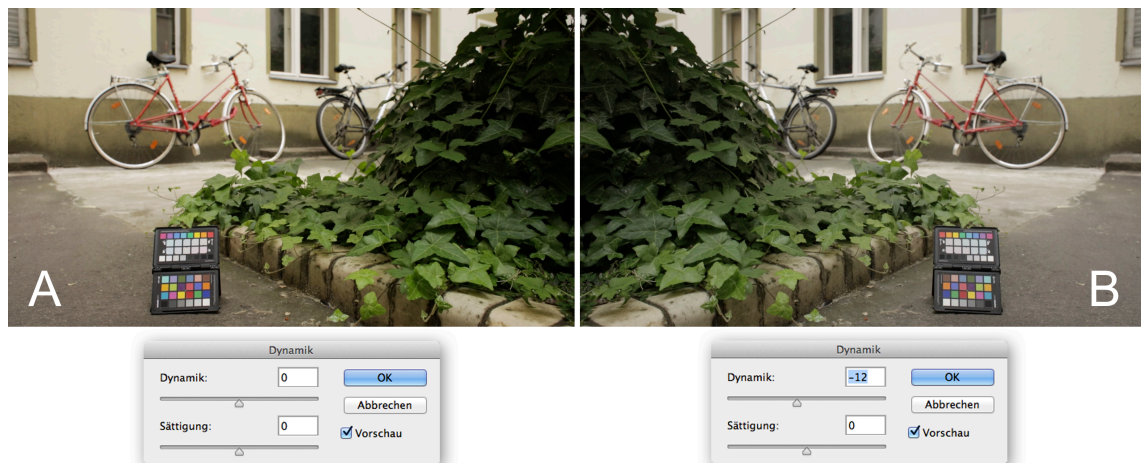


Abbildung 30: H.264-Farbkorrektur

Im Menü der *Canon 5D Mark III* können verschiedenste Bildstile gewählt werden, welche meist übersättigt und zu kontrastreich sind. Es ist allerdings möglich, zusätzliche, nutzerspezifische Stile zu erstellen, welche insbesondere für die Farbkorrektur besser geeignet sind, als die durch *Canon* vordefinierten Bildstile. Die optimalen Anpassungen, sind in Abbildung 31 zu sehen und entsprechen in etwa dem Bereich B der Abbildung 30.



Abbildung 31: Anpassung des nutzerspezifischen Bildstils

5.3 RAW-Bildqualität mit *Magic Lantern*

Der Kontrastumfang des *RAW*-Materials ist wesentlich höher, als der, der *H.264*-Kodierung. Genaugenommen entspricht der Dynamikbereich des *Magic-Lantern-RAW*-Signals mit 14 Bit, der 64-fachen Anzahl der möglichen Graustufen, im Verhältnis zu Videomaterial, welches durch *H.264* kodiert wurde. Die hohe Anzahl an Graustufen lässt selbst starke Kontraste weich und organisch wirken, wodurch das Material sehr dem menschlichen Sehverhalten ähnelt. Durch die hohe Darstellungsqualität von den tiefsten Schatten bis in die hellsten Lichter, ergibt sich eine brillantere Bildwirkung des Videosignals, da wesentlich mehr Details sichtbar werden.

Die Farben des *RAW*-Materials wirken wie das *H.264*-Material, übersättigt, wobei diese Übersättigung in diesem Fall noch stärker zum Vorschein kommt. In Abbildung 32 wird diese starke Übersättigung im Bereich A deutlich sichtbar. Insbesondere die Farben Rot und Grün haben eine sehr präsente Bildwirkung, was anhand der Farbflächen der Testtafel zu sehen ist.

Auf Grundlage des Kontrastverhaltens und den daraus resultierenden Helligkeitsabstufungen, ergibt sich eine extrem hohe Farbwiedergabe, welche durch die intensiven Farben, sehr unnatürlich wirkt. In der Abbildung 32, im Bereich B wurden die Farben des *RAW*-Materials korrigiert, um eine natürliche Farbwiedergabe zu schaffen. Dies geschah mittels der Reduzierung der farblichen Dynamik, welche die Farbwerte, auf

Grundlage der prozentualen Sättigung, des jeweiligen Farbwerts reduziert. Insbesondere werden die Rot- und Grüntöne verringert, währenddessen andere Farben nur leicht verändert wurden. Wäre das Material mit dem normalen Sättigungsregler bearbeitet worden, käme es zu einer gleichmäßigen Reduzierung aller Farben und das Grundproblem, die Übersättigung einzelner Farbtöne, wäre nicht gelöst wurden.

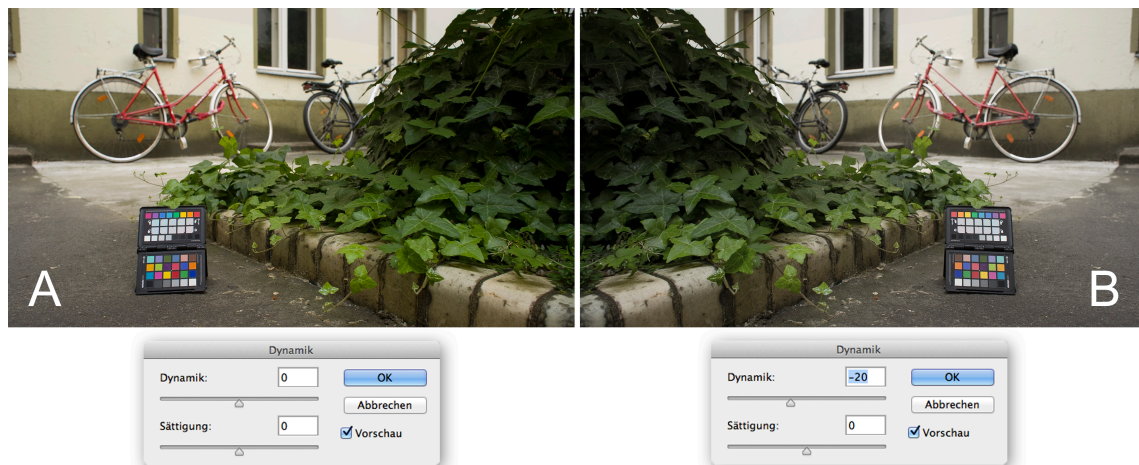


Abbildung 32: RAW-Farbkorrektur

Das Auflösungsvermögens des RAWs, schafft eine hohe Wiedergabe von Details, da im Prozess des *De-Bayerings* kein elektronischer Tiefpassfilter aktiv wird und keine unscharfen, beziehungsweise weiche Kanten, während der Signalspeicherung produziert werden. Es entsteht eine schärfere Bildwirkung bei gleicher Pixelauflösung. Ein Vergleich der Bildschärfe und Detaildarstellung, ist in Abbildung 33 zu sehen, wobei deutlich zu erkennen ist, dass das RAW-Signal über keine weichen Kanten verfügt. Die H.264-Abbildungen der Abbildung 33, wirken aufgrund des elektronischen Tiefpassfilters, als wären die Aufnahmen mit einem *SoftFX-Filter*⁵³ durchgeführt worden.



Abbildung 33: Vergleich der Bildauflösung, bei 300 Prozent Vergrößerung

⁵³ Ein SoftFX-Filter reduziert Details durch physikalische Brechung und Beugung

5.4 Gemessener Vergleich der Bildqualität

Um eindeutige Aussagen über die Qualität von Videomaterial machen zu können, ist es wichtig einheitliche Testbedingungen zu schaffen. Es müssen zusätzliche Fehlerquellen, die durch die Kamera, das Objektiv oder die Umgebung entstehen können, ausgeschlossen oder soweit es möglich ist, reduziert werden. Außerdem darf das Material während der Speicherverfahren auf dem jeweiligen Computersystem nicht verfälscht wird, indem es zu stark komprimiert wird oder eventuelle automatische Korrekturen der verarbeitenden Programme aktiv werden.

5.4.1 Auflösung

Digitales Videomaterial basiert auf der Grundlage von Rastergrafiken, das heißt, dass es eine definierte Anzahl an horizontalen und vertikalen Pixeln gibt. Je mehr Pixel pro definierte Fläche vorhanden sind, desto feiner lässt sich das Real-Bild abbilden. Im Fall der *Canon 5D Mark III* ist die vorgegebene Fläche ein 35mm-Sensor mit den Maßen 36x24 Millimeter und einer effektiven Pixelzahl von 22,3 Megapixeln (5760x3840 Pixel). Im Videomodus bietet die Kamera eine maximale Pixelauflösung von 1920x1080 Pixeln, was einem *FullHD*-Signal entspricht.

Die in diesem Abschnitt erfolgten Messungen beziehen sich jedoch nicht auf die Analyse, wie hoch die Anzahl an horizontalen und vertikalen Pixeln ist, da diese durch den Hersteller *Canon* vorgeben sind und durch die Zusatzsoftware *Magic Lantern* auch nicht gesteigert werden können. Die Messergebnisse bieten eine Grundlage zur Beurteilung des Auflösungsverhaltens von Kontrasten, welche sich durch die unterschiedlichen Komprimierungsprozesse von *Canon* und *Magic Lantern*, deutlich unterscheiden. Diese zur Einschätzung benötigten Kontraste werden mittels einer Testtafel dargestellt, die über feine Drucke der unterschiedlichen *Nyquist*-Frequenzen verfügt, welche dem *Nyquist-Shannon*-Abtasttheorem zugrunde liegen und bei jedem digitalen Verfahren stattfinden. Die Frequenz ergibt sich aus der Halbierung der maximalen Abtastrate des Videosignals, bei einer horizontalen Pixelauflösung von 1920 Pixeln, beträgt die *Nyquist*-Frequenz 960.

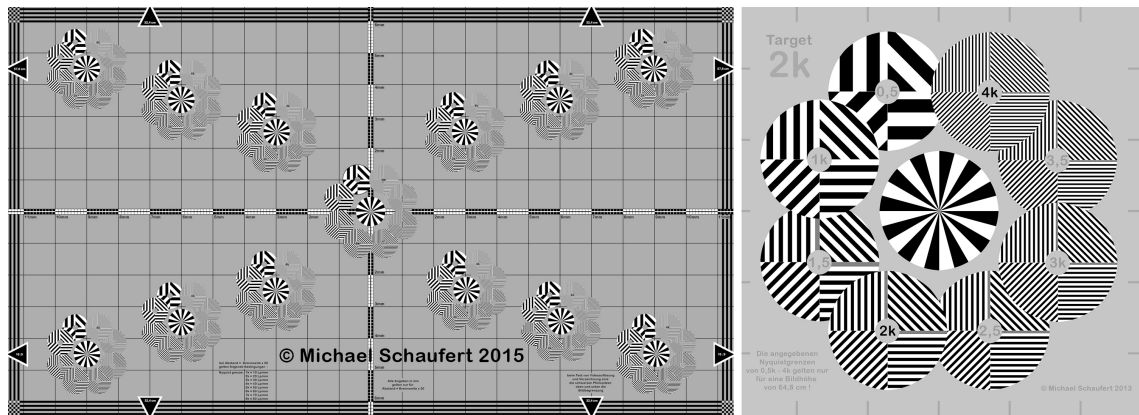


Abbildung 34: Testtafeln zur Bildauflösung

In der Abbildung 34 sind auf der rechten Seite (*2K-Target*) die verschiedenen *Nyquist*-Frequenzen, von 0,5K bis 4K zu sehen. Die Einheit K bezieht sich auf die Multiplikation mit dem Faktor 1000, wobei sich diese errechnete Zahl auf die horizontale Pixelauflösung des Videosignals bezieht. Die linke Tafel der Abbildung 34 dient der Einrichtung der Kameraposition. Die Bildkanten des Videosignals werden durch die Dreiecke am Rand der Testtafel markiert, wobei die Objektivmitte waagrecht zur Mitte der Testtafel ausgerichtet werden muss. Für diesen Test wurde ein 50mm-Objektiv der Marke *Zeiss* verwendet, wodurch ein Abstand zwischen Testtafel und Kamerasensor von 1,74 Metern zustande kommt und demnach eine Bildhöhe von 64,8 Zentimetern. Diese Bildhöhe und der daraus resultierende Objektabstand ist die Voraussetzung, dass die angegebenen *Nyquist*-Frequenzen der tatsächlichen halben Abtastrate des Videosignals entsprechen. Bei einem *FullHD*-Signal muss das Material den 2K-Kreis scharf abbilden können, alle folgenden Kreise bis 4K, verdeutlichen die Qualität der Auflösung der jeweiligen Kodierung von *Canon* oder *Magic Lantern*.

Um mögliche äußere Fehlerquellen zu vermeiden, wurde der Test unter Ausschluss von Tageslicht durchgeführt. Das Material wurde mit einer Empfindlichkeit von 100 ASA und einer effektiven Blendenöffnung von 5.6 belichtet. Durch diese Parameter werden Artefakte als Folge von Bildrauschen und eventuelle Objektivfehler vermieden.

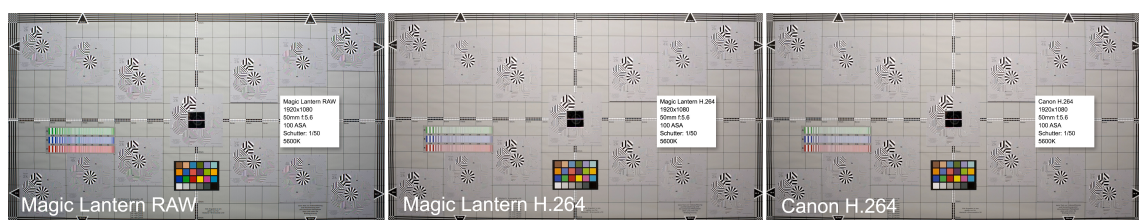


Abbildung 35: Aufnahme der Testtafel in unterschiedlichen Aufnahme-Codecs

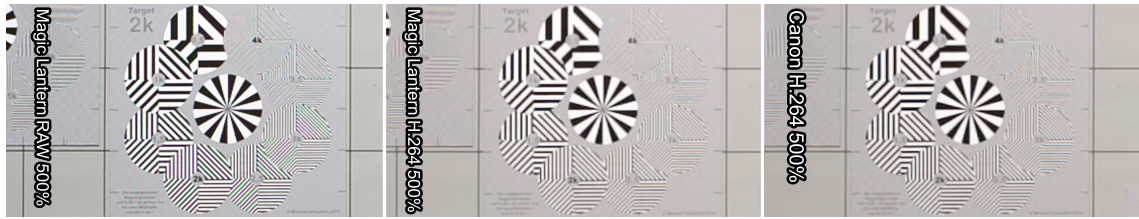


Abbildung 36: Aufnahme der Testtafel in unterschiedlichen Aufnahme-Codecs bei 500 Prozent Vergrößerung

Die Abbildungen 35 und 36 zeigen die Aufnahmen der *Canon 5D Mark III*, unter Verwendung von unterschiedlichen Aufnahme-Codecs. Die Abbildung 35 stellt das komplette Videosignal der einzelnen Aufzeichnungsmodi dar, wobei zu sehen ist, dass die *RAW*-Aufzeichnung deutlich schärfer ist als die *H.264*-Kodierungen von *Magic Lantern* oder *Canon*. Die Unterschiede der jeweiligen Kompressionen kommen in der Abbildung 36 noch genauer zum Vorschein. Das *RAW*-Material bildet die Kontraste bis zu einer *Nyquist*-Grenze von 3,5K sauber ab, die *H.264*-Kodierungen hingegen, zeichnen die Kontraste bis 2,5K scharf ab. Bei einem Vergleich der beiden *H.264*-Kodierungen fällt in der Abbildung 36 auf, dass die Kontrastwiedergabe und die auslaufenden Kanten der *Canon*-Kodierung leicht besser sind, als das der *Magic-Lantern*-Kodierung.

In der Abbildung 36 ist eindeutig zu sehen, dass es bei dem *RAW*-Material zu Moiré-Effekten, welche sich durch Farbsäume charakterisieren, kommt und bei den *H.264*-Kodierungen nicht. Diese Effekte entstehen, wenn das Videosignal die *Nyquist*-Frequenz überschreitet. Um diesem Phänomen entgegen zu wirken, besitzt die *Canon 5D Mark III*, neben dem optischen Tiefpassfilter, einen zusätzlichen digitalen Tiefpassfilter im Kameraprozessor. Der optische Tiefpassfilter kommt bei einer *FullHD*-Auflösung nicht zum Einsatz, da das Filterraster für die Auflösung des Fotosensors bestimmt ist und somit für die Videoauflösung zu fein ist. Durch die Filterung von Signalen die höher als die *Nyquist*-Frequenz liegen, im Fall von *FullHD* somit leicht unter 2K, entstehen keine Farbsäume, sondern leicht unscharfe Kanten, was in Abbildung 36 deutlich wird. Dieser Filterprozess ist unumkehrbar und geht zu lasten der Auflösung und somit der Bildqualität. Bei der *RAW*-Videoaufzeichnung ist der elektronische Tiefpassfilter Bestandteil des *De-Bayerings* und findet nicht im Kameraprozessor statt. Er kann mit der entsprechenden Software am Computer nutzerspezifisch eingestellt werden.

Die Abbildung 37 zeigt mittels des gelben Rahmens den genauen Bereich, in dem es zu Moiré-Effekten kommt, welcher zwischen bei 1,8K und 3,7K liegt. Die 1,8K entsprechen fast der horizontalen *FullHD*-Pixelauflösung von 1920 Pixeln und die 3,7K definieren die beobachtete obere Auflösungsgrenze aus Abbildung 35 und 36, etwas genauer.

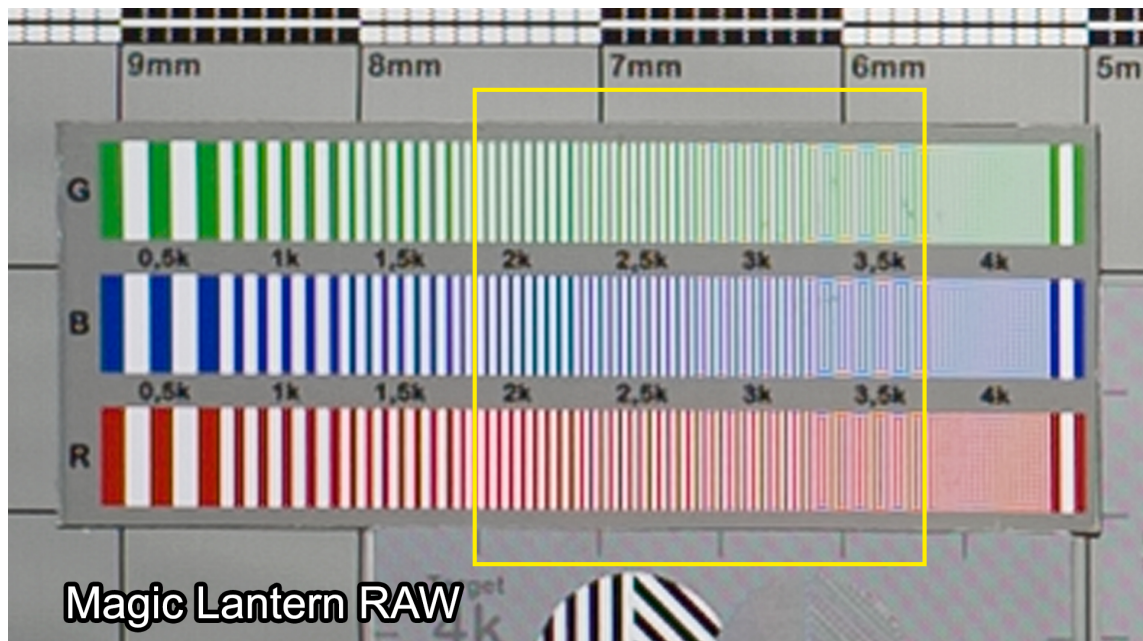


Abbildung 37: Darstellung des Moiré-Bereichs



Abbildung 38: Vergleich von Auflösung und Moiré

Die Abbildung 38 wurde unter den selben Voraussetzungen wie Abbildung 35 und 36 aufgenommen. In der Abbildung 38 werden die Auflösungsgrenzen der unterschiedlichen Aufnahme-Codecs nochmal deutlich und bestätigen die Beobachtungen der Abbildungen 35 und 36. Sie geben eine noch etwas genauere Darstellung bis zu welcher *Nyquist*-Frequenz die Codecs maximal auflösen können. Die magentafarbenen Balken der Abbildung 38 unterstreichen die *Nyquist*-Frequenz der einzelnen Kodierungen. Es ist zu sehen, dass die Grenze des *RAW*-Materials wesentlich höher liegt als die der

zwei *H.264*-Codecs, womit bewiesen ist, dass das *RAW*-Signal die beste Bildqualität aus Sicht der Auflösung liefert.

Bei der Abbildung von Realbildern kommen nur selten so klar getrennte Kontraste wie auf den Testtafeln vor. Eine Folge davon ist, dass insbesondere die *H.264*-Aufnahmen noch vor der *2,5K-Nyquist*-Grenze an Auflösung beziehungsweise Brillanz verlieren.

5.4.2 Dynamikumfang

Der Begriff Dynamik beschreibt das Verhältnis der Extreme, welches im Bereich der Videotechnik dem nahezu reinem Schwarz und dem absolutem Weiß zugute kommt. Ein absolutes Weiß, in der Abbildung 39 durch einen roten Kreis darstellt, definiert sich durch ein auf dem Kamerasensor eintreffendes Signal, welches 100 Prozent des maximalen Helligkeitsspektrums erreicht. Wird dieses Maximum überschritten, entsteht eine Überbelichtung des Materials, welche in der Abbildung 39 blau gekennzeichnet ist. Diese Übersättigung des Signals führt zu einem Verlust von Bildinformationen. Das absolute Minimum eines Signals, der Schwarzwert, welcher in der Abbildung 39 durch einen grünen Kreis dargestellt wird, charakterisiert sich durch eine Signalstärke, die den Wert Null fast, jedoch nie vollständig erreicht. Es gibt immer eine geringe Restmenge, welche auf Grund von elektronischem Rauschen verursacht wird.

Der Dynamikumfang, oder auch Blendenumfang einer Kamera wird in logarithmischen Stufen angegeben, wobei jede Blendenstufe einer Halbierung des vorhandenen Lichts entspricht. Das Ergebnis der Potenzierung der Zahl Zwei um die jeweilige Blendenzahl ist der genaue Wert an Helligkeitsabstufungen im Bereich des Videosignals. Diese Abstufungen ergeben sich durch die Digitalisierung des Videosignals, indem es als Rastergrafik auf dem Speichermedium abgelegt wird.

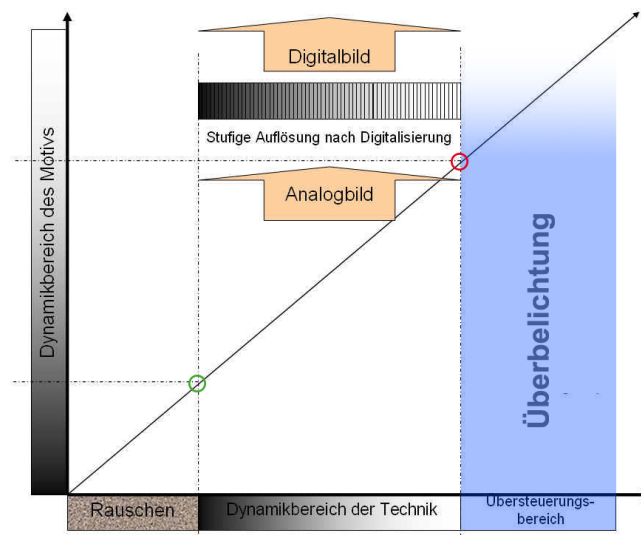


Abbildung 39: Grafische Darstellung des Dynamikbereichs

Der Prozess Signalspeicherung ist elementar im Bezug auf den Dynamikumfang des Materials, da während der Kodierung festgelegt wird, ob dieser mit acht, zehn, zwölf oder 14 Bit durchgeführt wird. Die Bit-Zahl entspricht in etwa der Anzahl der möglichen Blendenstufen der jeweiligen Signalkompression. Allerdings liegt der tatsächliche Dynamikumfang im Fall der *Canon 5D Mark III* und der unterschiedlichen anwendbaren Codecs etwas darüber.

Um den Dynamikumfang einer Kamera, beziehungsweise deren Kompressionstypen, zu analysieren, bedarf es einer Vorrichtung, welche die entsprechenden Blendenabstufungen darstellen kann. Im durchgeführten Test wurde eine Neonröhre, welche mit *ND*-Folie beklebt wurde, genutzt. *ND* - bedeutet neutrale Dichte und dient der Reduzierung des Lichts, ohne die Farbtemperatur zu ändern. Die Folien haben keine Auswirkungen auf das Testergebnis, da sich diese Analyse lediglich auf die Luminanzwerte des Videomaterials bezieht.

Die folgende Abbildung 40 zeigt die Aufnahmen der unterschiedlichen Videokompressionen durch *Canon* und *Magic Lantern*. Der Test wurde mit einer *ISO*-Empfindlichkeit von 320 und einer effektiven Blendenöffnung von 14 durchgeführt. Die *Zebra*-Funktion von Magic Lantern erleichtert die optimale Belichtung und somit die Definition der hundertprozentigen Sättigung, der ersten Blendenstufe des Videomaterials. Die *RAW*-Aufnahme mit einem *LogC*-Gamma, ist für einen ersten Vergleich nicht relevant, da diese Aufnahme nachträglich bearbeitet wurde.

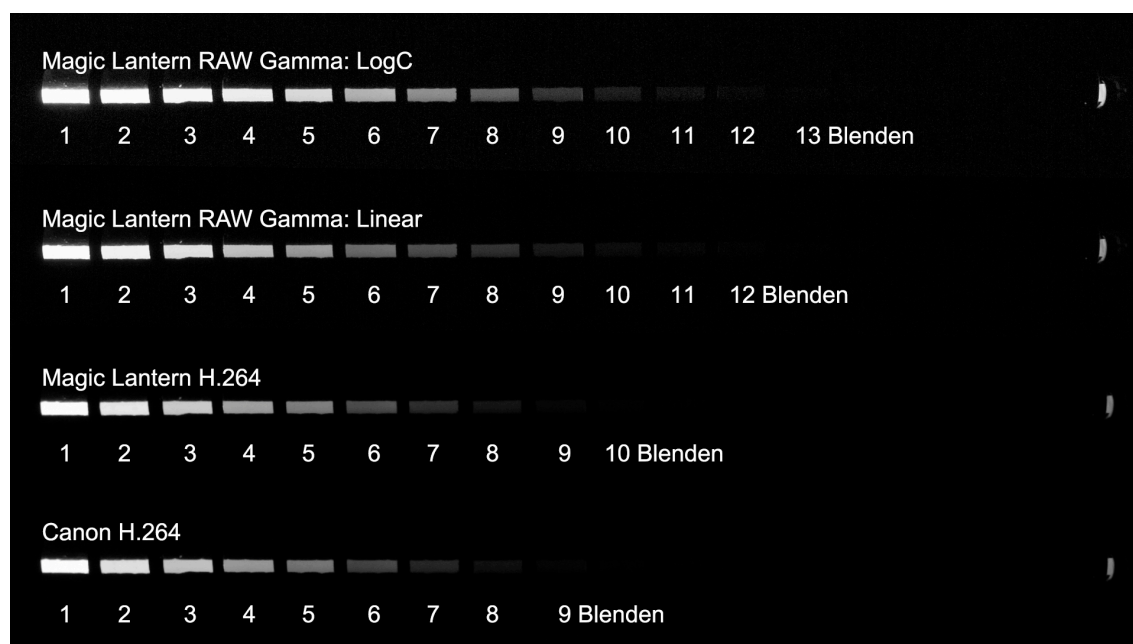


Abbildung 40: Darstellung der Dynamiktestergebnisse

Die im Punkt 4.2 beschriebene *RAW*-Kodierung, bestätigt in den Testaufnahmen der Abbildung 40 den deutlich höheren Dynamikumfang im Gegensatz zu den zwei verschiedenen *H.264*-Codecs. Bei den *H.264*-Kodierungen fällt auf, dass *Magic Lantern* eine Blende mehr darstellen kann. Dieser erhöhte Umfang ergibt sich durch den Sachverhalt, welcher im Gliederungspunkt 5.4.1 einen Nachteil für die *Magic-Lantern*-Kodierung darstellt. Als Resultat des geringere Kontrastverhaltens im Schwarz, welches sich negativ auf die Auflösung des Signals auswirkt, ist es dem Codec möglich, diesen in mehr Blendenstufen darzustellen.

In Abbildung 41 wird deutlich, dass *Canon* die Kontraste, im Bereich unter 50 Prozent der Helligkeit, klarer darstellt als *Magic Lantern*. Im rechten Bild der Abbildung 41 wird das Signal der jeweiligen Blendenstufe, unter 50 Prozent der Helligkeit, stark zerstreut, wodurch der Kontrast reduziert wird und die Abstufungen deutlicher sichtbar werden.

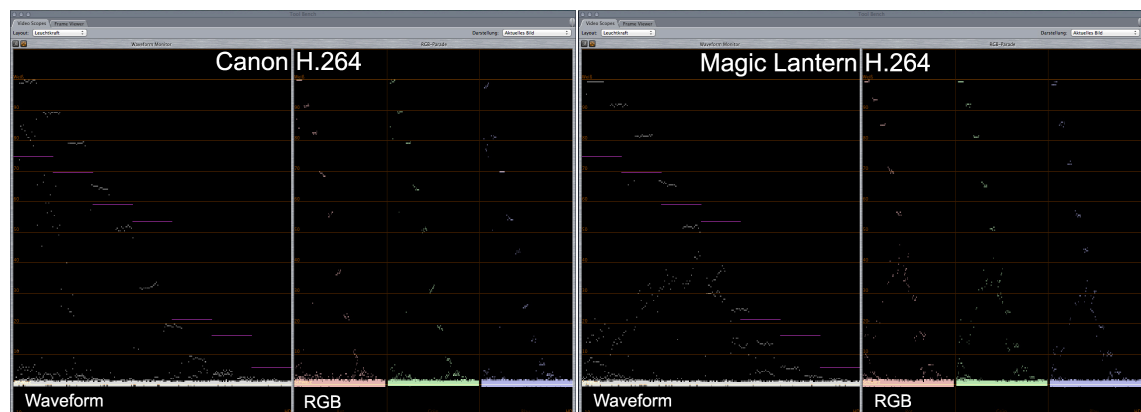


Abbildung 41: Helligkeitsabstufungen der *H.264*-Signale durch Waveform und RGB-Parade

In der Abbildung 42 werden die Blendenabstufungen des *RAW*-Signals dargestellt. Die linke Darstellung, welche unbearbeitet ist, zeigt eine klare und gleichmäßige Verteilung der Helligkeitsstufen, die sich besonders im Bereich von 80 bis 90 Prozent und 30 bis fünf Prozent, wesentlich feiner unterteilen als die *H.264*-Aufnahmen in Abbildung 41.

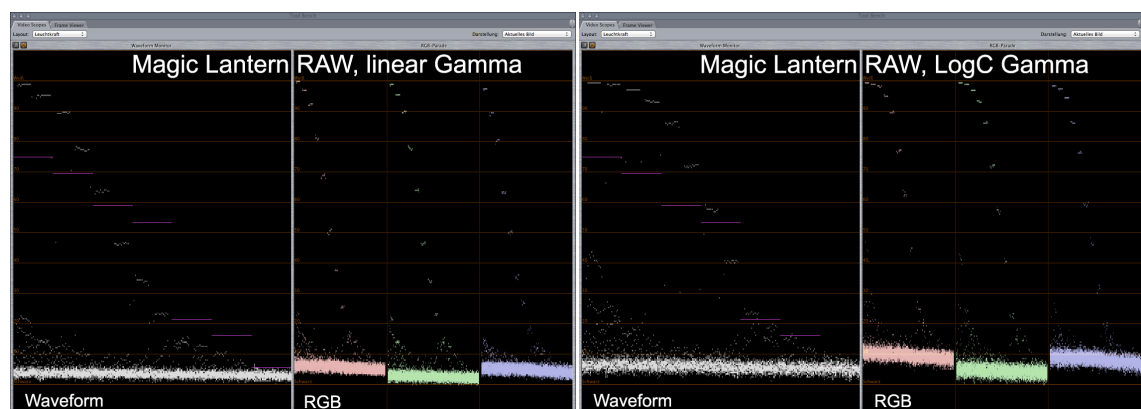


Abbildung 42: Helligkeitsabstufungen des *RAW*-Signals durch Waveform und RGB-Parade

Die bearbeitete Aufnahme der Abbildung 42 in der das lineare Gamma zu einem *LogC*-Gamma verändert wurde, erzeugt den Effekt, dass in den Schatten des Bildmaterials mehr Blendenstufen entstehen. Dieser Prozess der Gammaveränderung führt jedoch dazu, dass die gewonnen Blenden im Schwarz, im Bereich der Lichter verloren werden. Das Verhalten der *LogC*-Korrektur kommt dem des *Magic-Lantern-H.264* sehr nah, jedoch nicht in solch hohem Ausmaß und das *H.264*-Signal verliert keine Blenden in der Überbelichtung.

In der Abbildung 42 ist markant zu sehen, was in Abbildung 39, der Grafische Darstellung des Dynamikbereichs, beschrieben wurde. Es gibt keinen absoluten Nullpunkt im Bereich des Schwarzwertes. Dieser Wert wird von elektronischem Rauschen beeinflusst, welches insbesondere bei den *RAW*-Aufnahmen zu sehen ist. Der Bereich zwischen null und zehn Prozent der Abbildungen 41 und 42 sind von einem durchgehenden Signal belegt, welches dem hohen Schwarzanteil der Aufnahmen und dem elektronischen Rauschen verschuldet ist. Es ist allerdings sichtbar, dass das *RAW*-Material wesentlich stärker rauscht, als das *H.264*-Material.

In den folgenden Abbildungen 43, 44 und 45 wird der Unterschied des Dynamikumfangs von *RAW* und *H.264*, anhand eines Realbildes veranschaulicht. Die drei Aufnahmen wurden mit identischen Kameraeinstellungen aufgenommen und anschließend in drei verschiedene Belichtungsstufen unterteilt. Diese Stufen wurden nicht durch unterschiedliche Blendenöffnungen der Kamera erzeugt, sondern nachträglich mit *Adobe Photoshop*, um den tatsächlichen Kontrastumfang der Signalkodierung des Materials erkennen zu können. Das abgebildete Objekt, der Abbildungen 43, 44 und 45, weist einen sehr hohen Dynamikbereich auf, da es von einem bewölkten, hellen Himmel, bis zu tiefen Schatten zwischen den Pflanzen alles beinhaltet. Um eine solche Vielzahl an Helligkeitsabstufungen in einem Bild darzustellen, bedarf es spezieller digitaler Nachbearbeitungsprogramme, welche *High-Dynamik-Range*-Bilder erzeugen. Diese Bilder wirken jedoch sehr künstlich, da sie nicht dem menschlichen Sehverhalten entsprechen. Aus diesem Grund ist es wichtig, eine Belichtung zu wählen, welche den Durchschnitt aus allen, im Bild vorhandenen, Helligkeitswerten bildet.



Abbildung 43: Belichtungsstufen Magic Lantern RAW

In der Abbildung 43 ist der große Dynamikumfang des *RAW*-Materials deutlich zu sehen. Die oberste Belichtungsstufe der Abbildung 43 wurde nachträglich auf die Lichte des Videomaterials belichtet und die untere Stufe auf die Schatten zwischen den Pflanzen. Der mittlere Bereich der Abbildung 43 stellt die tatsächliche Belichtung durch die Kamera dar. Sämtlich Bildinformationen, im Bereich der Überbelichtung, als auch in

der Unterbelichtung, sind vorhanden. Diese Vielzahl an Bildinformationen, ermöglicht in der Postproduktion umfangreiche Möglichkeiten im Bereich der Farbkorrektur.



Abbildung 44: Belichtungsstufen Magic Lantern H.264



Abbildung 45: Belichtungsstufen Canon H.264

Die Abbildungen 44 und 45 stellen die H.264-Aufnahme, durch *Magic Lantern* und *Canon*, des selben Motivs, bei gleichen Lichtverhältnissen, wie der Abbildung 43 dar. Der mittlere Bereich der Abbildungen entspricht der Belichtung des Originalmaterials,

wobei der obere und der untere Bereich den jeweiligen Versuch der Belichtung der Schatten und Lichter darstellen. Die Betonung liegt auf Versuch, da es der *H.264*-Kompression mit einer Farbtiefe von acht Bit, nicht möglich ist, den Kontrastumfang des Motivs darzustellen. Es ist nicht realisierbar die Bildinformationen der Schatten und Lichter zu rekonstruieren, da diese zu weit in der Unter- und Überbelichtung für ein *H.264*-Signal liegen.

5.4.3 Schwenkverhalten

Die Analyse des Schwenkverhaltens der unterschiedlichen Videokompressionen ist vergleichbar mit der Veränderung der Bildqualität bei der *Interframe*-Komprimierung, trotz der Berechnung jeden einzelnen Frames. Durch die schnelle Veränderung der Bildinformationen besteht die Möglichkeit, dass aufgrund des begrenzten Datenstroms, oder der zu langsamen Abtastgeschwindigkeit des Sensors, Bildartefakte entstehen. Der durchgeführte Test untersucht die Stabilität der Qualität des Videosignals, während einer schnellen horizontalen Kamerabewegung. Wie schnell eine Kamerabewegung ohne Qualitätsverlust tatsächlich durchgeführt werden kann, ist abhängig von Belichtungszeit und Bildrate der Kamera. Je höher die Bildrate und je geringer die Belichtungszeit, desto schneller können Kamerabewegungen durchgeführt werden. Da die Bildrate der *Canon 5D Mark III* auf 24 und 25 Bilder pro Sekunden, im *FullHD*-Modus, beschränkt ist, ist es nur möglich, die Bildqualität durch kürzere Belichtungszeiten zu optimieren.

Der folgende Test wurde mit einer Bildrate von 25 Bildern pro Sekunde und einer Belichtungszeit von 1/50 Sekunde durchgeführt. Das 50mm-Objektiv des Herstellers Zeiss, welches für diesen Test genutzt wurde, verfügt über einen horizontalen Bildwinkel von 38 Grad⁵⁴. Dieser Bildwinkel dient als Orientierung um die Schwenkgeschwindigkeit zu analysieren, indem die Bildmitte der Kamera, von der rechten zur linken Kante der Testtafel, geschwenkt wird. Durch die Zeit, welche während des Schwenks vergeht, ist es möglich, die Schwenkgeschwindigkeit in Grad pro Sekunde zu errechnen. Der Schwenk wurde mit zwei verschiedenen Geschwindigkeiten durchgeführt, mit einem Zeitraum von fünf und zehn Sekunden, indem die Bildmitte vom rechten zum linken Bildrand geschwenkt wurde. Aus diesen Zeiträumen ergeben sich die Schwenkgeschwindigkeiten von rund vier und rund acht Grad pro Sekunde.

⁵⁴ Quelle: www.zeiss.de

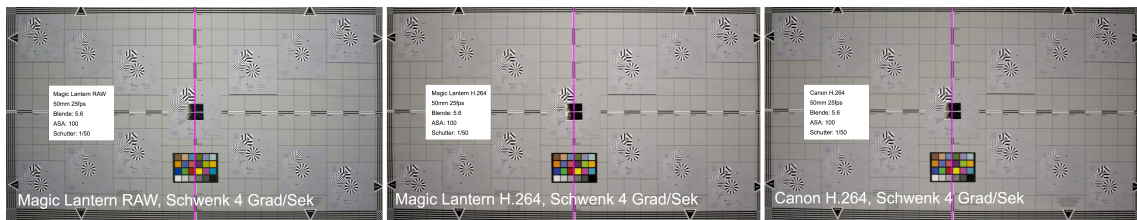


Abbildung 46: Kameraschwenk bei vier Grad pro Sekunde



Abbildung 47: Kameraschwenk bei vier Grad pro Sekunde, 450 Prozent Vergrößerung

Die Abbildung 46 und 47 zeigen die Testtafel, welche im Gliederungspunkt 5.4.1 bereits Verwendung fand. Die Linien der unterschiedlichen *Niquist*-Frequenzen dienen als Indikator der Kodierungsqualität während einer horizontalen Bewegung. Hierbei sind jedoch nur die horizontalen Linien relevant, da die vertikalen Linien durch die Bewegungsunschärfe, zusätzlich zum Codec, verfälscht werden.

Die *RAW*-Kodierung bildet die *Niquist*-Frequenzen im horizontalen Bereich bis 3,5K sauber ab, das heißt dass es zu keiner qualitativen Veränderung des Signals kommt, da die Analyse der *RAW*-Standbilder kein höheres Auflösungsvermögen aufweist.

Die *H.264*-Kodierungen der Abbildungen 46 und 47 verfügen ebenfalls über eine gleichbleibende Bildqualität im Vergleich zur Standbildanalyse. Die Aufnahmen mit *Magic Lantern* und *Canon*, lösen bis zu einer 2,5K-Frequenz auf und weisen auf keine Kompressionsfehler hin.

Bei allen drei Aufnahmen bestehen keine Probleme bezüglich kippender Linien, welche durch den *Rolling Shutter* bedingt sind. Bei einer Schwenkgeschwindigkeit von vier Grad pro Sekunde kommt es zu keinen Artefakten, bezüglich des zeilenweise Auslesens des Kamerasensors. Die magentafarbenen Linien der separaten Abschnitte der Abbildung 46 verdeutlicht dies, indem die vertikalen Linien, trotz Kamerabewegung, parallel zu den Linien der Testtafel verlaufen.

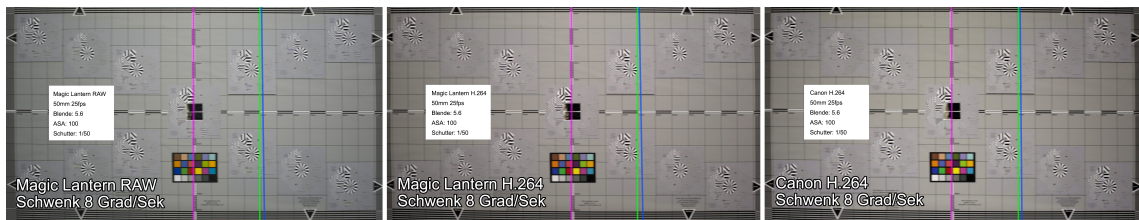


Abbildung 48: Kameraschwenk bei acht Grad pro Sekunde



Abbildung 49: Kameraschwenk bei acht Grad pro Sekunde, 450% Vergrößerung

Die Abbildung 48 und 49 zeigen einen horizontalen Kameraschwenk bei acht Grad pro Sekunde, was der doppelten Geschwindigkeit von Abbildungen 46 und 47 entspricht. Es kommt zu einer deutlichen Verzeichnung der drei Aufnahmen, welche jedoch durch die Bewegungsunschärfe erzeugt wird. Keine Komprimierungsart führt zu einem Zusammenbruch der Videoqualität, was bedeutet, dass bei der *RAW*-Kodierung das Auflösungsvermögen, im Gegensatz zum Standbild, nicht beeinträchtigt wird. Die *H.264*-Aufnahmen verhalten sich ähnlich wie das *RAW*-Material, da die Auflösung trotz starker Komprimierung und schneller Kamerabewegung bestehen bleibt.

Durch die hohe Schwenkgeschwindigkeit kommt es in Abbildung 48 und 49 zu *Rolling-Shutter*-Artefakten, welche durch das zeilenweise Auslesen des Sensors, von oben nach unten, zustande kommen. Die auftretenden Bilderfehler äußern sich in einem Kippen der vertikalen Linien nach links. Dieses Phänomen wird durch die grünen und blauen Linien der Abbildung 48 deutlich. Die grüne Linie ist senkrecht und entspricht einer Neigung von null Grad. Die blaue Linie entspricht dem Winkel der vertikalen Linien, der Aufnahme der Testtafel. Es ist zu sehen, dass die grüne und die blaue Linie keine identischen Winkel aufweisen, was auf das Vorhandensein von *Rolling-Shutter*-Artefakten deutet.

Bei der Aufnahme des *RAW*-Materials unterscheidet sich die grüne von der blauen Linie um $-0,7$ Grad, bei der *H.264*-Aufnahme von *Magic Lantern* um $-1,0$ Grad und bei der *Canon*-Aufnahme um $-0,5$ Grad. Diese Werte sind keineswegs problematisch und aufgrund der geringen Unterschiede der jeweiligen Kippwinkel, ist keiner der drei Komprimierungstypen hervorzuheben.

Die Videokodierungen durch *Magic Lantern* und *Canon* haben durchgehend gute Schwenkeigenschaften. Kein Codec dominiert bei diesem Test und es kommt zu keinem erhöhten Qualitätsverlust des Videosignals, während schneller Kamerabewegungen.

6 Analyse der Vor- und Nachteile der Nutzung von *Magic Lantern*

Eine Auflistung der Vor- und Nachteile von *Magic Lantern* ist prinzipiell nur eine Liste von Vorteilen, da sich die Nachteile aus den zusätzlichen Funktionen ergeben, welche ohne die Zusatzsoftware nicht zur Verfügung stehen würden.

6.1 Vorteile der Nutzung von *Magic Lantern*

Der wesentliche Vorteil von *Magic Lantern* besteht darin, dass die Software für jeden Nutzer kostenlos zur Verfügung steht. Es gibt keinerlei Bedingungen oder Vorgaben, welche erfüllt werden müssen, um die Software auf einer *Canon*-Kamera zu nutzen.

Das installierte System bedarf keiner weiteren zusätzlichen Soft- oder Hardware, um eine vollständige Funktionalität der *Canon-Magic-Lantern*-Kombination zu gewährleisten. Da die Software eine Erweiterung des Systems darstellt, welche lediglich in den *RAM* der Kamera installiert wird, wird die *canon*-eigene Software nicht verändert oder beschädigt. Durch diesen Sachverhalt kommt es zu keinem Verfall der Herstellergarantie. Mittels der einfachen Entfernung der *SD*-Karte, welche die *Magic-Lantern*-Software beinhaltet, ist eine Deinstallation in wenigen Sekunden möglich und die Kamera befindet sich im unveränderten Herstellerzustand. Das Zusatzsystem läuft stabil und nahezu fehlerfrei auf der *Canon 5D Mark III*. Kommt es zu Problemen, welche zur fehlerhaften Ausführung von *Magic Lantern* führen, sind diese durch einen Neustart der Kamera behoben.

Der wesentliche Punkt, welcher die *Magic-Lantern*-Aufzeichnung von der von *Canon* unterscheidet, ist dass die Software zwei verschiedenen Möglichkeiten der Videospeicherung anbietet. Diese sind einerseits die *H.264*-Kodierung, welche bei *Canon* ebenfalls standardmäßig installiert ist und andererseits die Speicherung des Signals in einem *RAW*-Format, über welches die *Canon*-Software nicht verfügt. Der *H.264*-Codec ist für den privaten und semiprofessionellen Nutzungsbereich bestimmt, das *RAW*-Format hingegen, verschafft der Kamera die Möglichkeit qualitativ hochwertiges Videomaterial zu erstellen, welches Kino- und Fernsehstandards gerecht wird.

Diese Standards erreicht das *RAW*-Material durch einen sehr hohen Dynamikumfang und eine deutlich feinere Auflösung des Originalbildes, bei jedoch gleicher Pixelauflösung wie der *H.264*-Codec. Der gesamte Komprimierungsprozess des *RAW*-Signals, das *De-Bayering*, wird auf ein externes System verlagert, was dem Nutzer eine sehr hohe Flexibilität, bezüglich der Datenverarbeitung ermöglicht.

Unter der Voraussetzung, dass es zu Fehlern während der Speicherung der Videodaten kommt, werden diese durch *Magic Lantern* angezeigt und die Aufnahme stoppt automatisch. Das Systemmenü von *Magic Lantern* ist übersichtlich und selbsterklärend. Für den Fall, dass ein Menüpunkt nicht eindeutig ist, gibt es im unteren Bereich des Displays eine kurze Erklärung des jeweiligen Menüpunkts.

Magic Lantern bietet eine Vielzahl an Hilfsinstrumenten, wie beispielsweise einer *Waveform*, *Zebra*- oder *Peaking*-Funktion, welche das Einschätzen der Belichtung und der Bildschärfe enorm erleichtern. Es besteht die Möglichkeit, jedes Modul separat zuzuschalten und nutzerspezifisch zu konfigurieren. Die Abbildung 50 zeigt die möglichen Hilfsmittel, welche durch die *Canon*-Software nicht zur Verfügung stehen.



Abbildung 50: Vergleich der Displayfunktionen



Abbildung 51: Hilfsinstrumente und Kameraeinstellungen

Des Weiteren werden die bildrelevanten Parameter, wie effektive Blendenöffnung, Belichtungszeit, ISO-Empfindlichkeit und Farbtemperatur, direkt im Kameradisplay angezeigt, um eine übersichtliche Arbeitsweise zu gewährleisten.

Ein Vorteil, welcher keine Bildrelevanz besitzt, jedoch einen deutlichen Vorteil im Gegensatz zu *Canon* liefert, ist Kontrolle der Audiospuren. *Magic Lantern* bietet die Möglichkeit neben dem internen Mikrofon der *Canon 5D Mark III*, ein zweites Mikrofon über den *Mic*-Eingang der Kamera anzuschließen. Der Unterschied zu *Canon* besteht darin, dass jeweils eins der beiden Mikrofone auf eine separate Audiospur gelegt werden kann und somit die Möglichkeit besteht, zwei Tonspuren unabhängig von einander aufzuzeichnen. Dem Nutzer wird freigestellt, welches Mikrofon auf welcher Audiospur aufzeichnet und ob das Signal manuell oder automatisch gepegelt werden soll. Es besteht jedoch auch die Möglichkeit, die beiden Tonspuren mit einem Mikrofonsignal zu belegen. Die Pegel der Audiospuren werden am oberen Displayrand angezeigt und durch farbliche Kennzeichnung, wird die Einschätzung der Signalqualität vereinfacht.

6.2 Nachteile der Nutzung von Magic Lantern

Das größte Problem, welches *Magic Lantern* mit sich bringt, ist die enorme Datenmenge, welche sich durch die *RAW*-Daten ergeben. Eine Aufnahme von zwei Minuten Länge, entspricht einer Datenmenge von 10,8 Gigabyte. Eine Möglichkeit das Problem der Speicherplatzmenge zu lösen, ist das Programm *SlimRAW*. Hierbei werden die *DNG*-Dateien verlustfrei von 4,2 Megabyte pro Einzelbild auf 2,1 Megabyte pro Bild komprimiert. Auf den ersten Blick sehen die Dateien zerstört aus, wie in Abbildung 51 zu sehen ist. Sobald die Dateien jedoch geöffnet werden, ist kein Unterschied zum Originalmaterial zu erkennen.



Abbildung 52: DNG-Einzelbild komprimiert durch SlimRAW

Ein weiterer Punkt, welcher sich auf die Datenverarbeitung nach der Aufzeichnung bezieht, ist dass die Daten nicht ohne Weiteres abgespielt werden können. Die *.RAW*-Dateien müssen mittels eines Konvertierungsprogramms in *DNG*-Datenströme gewandelt werden und können dann in diverse Programme, wie *Davinci Resolve* oder *Adobe After Effects* eingebunden werden. Eine Möglichkeit die *.RAW*-Daten direkt in *Adobe*-Software einzubinden, ist das *Ginger-HDR-Plugin*, welche es ermöglicht, die Daten ohne einer Wandlung zu *DNGs*, in den Programmen abzuspielen.

Ein weiteres Problem, welches sich beim Abspielen des aufgenommenen *RAW*-Materials ergibt, ist die nachträgliche Wiedergabe der einzelnen Videoclips in der Kamera. Dies ist zwar möglich, jedoch aufgrund der schlechten und stark verlangsamten Videoqualität, absolut unbrauchbar. Ein externer Rekorder löst das Problem, indem dieser beispielsweise das Signal des Regiemonitors abgreift und ein nachträgliches Abspielen des Materials ermöglicht. Jedoch verursacht dieser zusätzliche Kosten und Arbeitszeit.

In unregelmäßigen Abständen kommt es bei der Verwendung von *Magic Lantern* vor, dass es zu sogenannten *Dropframes* kommt. Hierbei handelt es sich um Einzelbilder,

welche aufgrund der hohen Datenrate ausgelassen und somit nicht gespeichert werden. In einem solchen Fall kommt es zum Abbruch der Aufnahme, welcher durch eine Fehlermeldung im Kameradisplay angezeigt wird. Seit dem neusten Update der *Magic-Lantern*-Software tritt dieser Fehler jedoch kaum noch auf, unter der Voraussetzung, dass die Speicherkarte über die entsprechende Schreibgeschwindigkeit, von mindestens 120 Megabyte pro Sekunde, verfügt.

Ein weiterer negativer Aspekt, welcher während der Speicherung der *RAW*-Daten auftritt, sind Einzelbilder, welche pinkfarbene Bereiche beinhalten, oder komplett pink eingefärbt sind. Außerdem sind die Bilder verschoben und für eine Weiterverarbeitung ungeeignet. Diese Bildfehler sind in Abbildung 52 deutlich zu sehen.

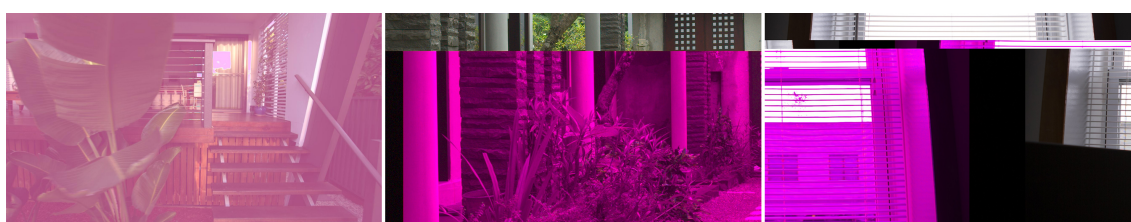


Abbildung 53: Pinkfarbene Einzelbilder

Durch die Überarbeitung der *Magic-Lantern*-Software und das daraus resultierende *Firmware*-Update, treten diese Fehler nur sehr selten auf.

Magic Lantern verfügt leider nicht über die Fähigkeit, Videomaterial mit einer höheren Pixelauflösung als *FullHD* zu produzieren. Prinzipiell ist es für den extrem hochauflösenden FOTOSensor möglich, Videobilder mit einer Pixelauflösung bis 5,6K, also 5760 x 3240 Pixeln, zu erstellen, wobei diese Zahlen lediglich rechnerisch ermittelt wurden. Die Limitierung durch *Canon*, kann *Magic Lantern* leider nicht umgehen.

Die Systemstabilität der Software, welche in den meisten Fällen sehr gut ist, ist jedoch nicht fehlerfrei. Bei schnellen und häufigen Konfigurationen im Systemmenü von *Magic Lantern*, kann es zum Zusammenbruch der Software kommen. Dies äußert sich darin, dass die Kamera auf keine Befehle des Nutzers mehr reagiert und das aktuelle Signal als Standbild zu sehen ist, welches sich nicht mehr verändert. Ein Neustart der Kamera, nach kurzzeitigem Entfernen des Akkus, löst das Problem und das System ist wieder einsatzbereit.

Während der Aufnahme von *RAW*-Material befinden sich die Kamera und die Speicherkarte am Leistungsmaximum, was zu erhöhter Temperaurentwicklung des gesamten Systems führt. Durch diese starke Hitzeentwicklung und den kompakten, ungekühlten Kamerabody, kann es von dauerhaften Schäden, bis hin zur totalen Kamerazerstörung kommen. Während der gesamten Spielfilmproduktion von *Schneeflöckchen* kam

es nie zu einer ernsthaften Gefährdung der Kameras aufgrund von Überhitzung des Systems, jedoch soll es laut *Canon* und *Magic-Lantern*-Nutzern zu Problemen bei anderen Produktionen gekommen sein.

Die *Canon 5D Mark III* verfügt über die Möglichkeit, ein *H.264*-Signal mit Audiospur zu speichern, dies ist im *RAW*-Modus leider nicht möglich. Andere Hersteller wie *RED* oder *ARRI* lösen das Problem, indem das Audiosignal als separate Datei gespeichert wird, welche mit dem *RAW*-Bild verknüpft ist.

Ein letzter Aspekt, welcher kein Fehler, sondern eine nicht vorhandene Funktion ist, sind vorgefertigte Gamma-Einstellungen, welche eine *LogC*- und einer *Rec709*-Kurve beinhalten sollten. Diese Einstellungen, sollten für die Kodierung und das Display separat einstellbar sein, da diese eine bessere Einschätzung der Belichtung, des *RAW*-Materials, ermöglichen.

Die Abbildung 52, zeigt die unterschiedlichen Gamma-Einstellungen, anhand des selben Standbildes.



Abbildung 54: Darstellungsoptionen

7 Fazit

Die Kombination einer *Canon 5D Mark III* und *Magic Lantern* ist die kompakteste und finanziell günstigste Möglichkeit, ein Projekt mit 35mm-Eigenschaften und RAW-Verarbeitung, zu realisieren.

Die Erweiterungssoftware schafft es, die *Canon 5D Mark III* im Videomodus von einer Amateurkamera, in eine semiprofessionelle Videokamera zu verwandeln. Unter der Voraussetzung, dass das Material in der Postproduktion aufwendiger gehandhabt werden muss, als professionelle Videosignale, steht ein durch *Magic Lantern* aufgezeichneter Film, einem professionellen Film, welcher beispielsweise mit einer *RED Epic* aufgenommen wurde, in nichts nach. Die Pixelauflösung wurde hierbei nicht beachtet, da viele Kinos immer noch nicht in der Lage sind, einen Film mit einer höheren Auflösung als *FullHD*, abzuspielen und somit die Auflösung der *Canon* ausreichend ist. Ohne diese Software wär es niemals möglich gewesen, den Film *Schneeflöckchen*, in dieser Qualität und im Rahmen des Produktionsbudgets, zu produzieren.

Da sich diese Arbeit auf die detaillierte Analyse, der Vor- und Nachteile von *Magic Lantern* bezieht, müsste man den Titel abändern. Die wenigen genannten Probleme und Makel, sind entweder überarbeitet und auf ein Minimum reduziert, oder es handelt sich um kleine Schönheitsfehler, welche für den finalen Film irrelevant sind. *Magic Lantern* ist ein durchgehender Vorteil, da alle eventuellen kleinen Problemchen, einem enormen Qualitätsgewinn des Videosignals zugrunde liegen. Daher müsste der neue Titel eigentlich heißen:

„*Magic Lantern* als Softwaremodifikation digitaler Spiegelreflexkameras - Eine detaillierte Analyse der Vorteile, dieses wahnsinnigen, kostenlosen Programms. DANKE, *Magic Lantern!*“

Die *Canon-Magic-Lantern*-Kombination wird nie ein professionelles Kamerasystem ersetzen können, jedoch habe ich in meiner langjährigen Arbeit als erster Kameraassistent, mit einer *RED*-Kamera deutlich öfter Probleme, in vielerlei Hinsicht gehabt, als mit einer *Canon 5D Mark III*, welche durch *Magic Lantern* modifiziert wurde. Und da ich schon dabei bin, mich bei professionellen Kameraherstellern unbeliebt zu machen, eine *ARRI Alexa*, läuft auch nicht immer fehlerfrei.

Magic Lantern ist der perfekte Beweis für die oft in der Filmbranche verwendete Aussage:

“Was man an Geld spart, muss man an Zeit investieren.“

Jedoch hat der professionelle Filmschaffende keine Zeit, beziehungsweise lässt dieser sich, seine Arbeitszeit sehr gut bezahlen. Unter der Voraussetzung, dass ein oder mehrere Profis der Filmbranche eine vielversprechende Idee haben, jedoch über keine entsprechenden finanziellen Mittel verfügen, um dieses Projekt zu realisieren, dann kann eine durch *Magic Lantern* modifizierte Kamera eine Möglichkeit sein, hohe Leihkosten für Kameraequipment zu vermeiden und trotzdem einen qualitativ hochwertigen Film zu produzieren.

Quellenverzeichnis

5D MarkIII Erscheinungsdatum:

<http://www.netzwelt.de/news/91166-canon-eos-5d-mark-iii-release.html>

(Stand: 15.04.15)

5D MarkII Erscheinungsdatum:

<http://www.dpreview.com/articles/3491252931/canon-5dmarkii>

(Stand: 15.04.15)

Magic Lantern

<http://www.magiclantern.fm/>

(Stand: 12.04.15)

Codecs:

http://www.apple.com/final-cut-pro/docs/Apple_ProRes_White_Paper.pdf Seite 21

(Stand: 13.04.15)

Sony alpha:

<http://www.sony.de/electronics/produktewechselobjektivkameras/t/wechselobjektivkameras>

(Stand: 14.04.15)

Nikon D800E:

<https://nikon-vollformat.de/>

(Stand: 14.04.15)

[http://www.nikon.de/de_DE/products/category_pages/digital_cameras/category_SLR.p
age](http://www.nikon.de/de_DE/products/category_pages/digital_cameras/category_SLR.page)

(Stand: 14.04.15)

Canon

5D:

http://www.canon.de/for_home/product_finder/cameras/digital_slr/eos_5d_mark_iii/

(Stand: 14.04.15)

Bildrauschen:

<http://www.colorfoto.de/testbericht/pentax-645z-test-mittelformat-kamera-preis-leistung-2463180.html>

(Stand: 14.04.15)

<http://www.filmscanner.info/Bildrauschen.html>

(Stand: 14.04.15)

Alexa:

http://www.arri.com/camera/alexas/cameras/camera_details/alexas/subsection/technical_data/

(Stand: 14.04.15)

Canon

C300:

http://www.canon.de/for_home/product_finder/digital_cinema/cinema_eos_cameras/eos_c300/

(Stand: 14.04.15)

Preis C300:

<http://www.teltec.de/Kamera-Produktionstechnik/Camcorder/Special-Digital-Cine-Cam/Canon-EOS-C300.html>

(Stand: 15.04.15)

Red EPIC Maße:

<http://www.pillefilm.de/Products/details/9888/de>

(Stand: 14.04.15)

Preis Alexa Mini:

http://www.videodata.de/shop/products/de/Kameras-Camcorder/2K-4K/ARRI-ALEXA-Mini.html?refID=GOOGLE_RSS_FEED_REFID

(Stand: 14.04.15)

Preis RED Epic:

<http://de.red.com/store/cameras?page=2>

(Stand: 15.04.15)

Alexa Mietpreis:

<http://www.cine-service.de/verleih/kamera/kamera/arri/#page-296>

(Stand: 16.04.15)

DNG RAW:

<https://helpx.adobe.com/de/photoshop/digital-negative.html>

(Stand: 16.04.15)

<http://nachbelichtet.com/2012/01/30/welches-raw-format-nehmen-hersteller-raw-oder-dng/>

(Stand: 16.04.15)

Zitat H.264:

<http://www.netzwelt.de/news/76777-h-264-videoformat-hoechste-ansprueche.html>

(Stand: 17.04.15 10:58 Artikel erschienen: 19.12.2007)

Zitat James Jannard/RED Cameras: über RED

<http://www.quoteswise.com/james-jannard-quotes.html>

(Stand: 17.04.15 14:00)

ARRI RAW:

http://www.arri.com/camera/alexa/workflow/working_with_arriraw/recording/alexa_xt_xr_module/

(Stand: 18.04.15 16:14)

Preis Sony FS7:

http://www.videodata.de/shop/products/de/Kameras-Camcorder/2K-4K/Sony-PXW-FS7-EDU.html?refID=GOOGLE_RSS_FEED_REFID

(Stand: 21.04.15 14:30)

Preis Blackmagic Camera 4K:

http://www.videodata.de/shop/products/de/Kameras-Camcorder/2K-4K/Blackmagic-Production-Camera-4K.html?refID=GOOGLE_RSS_FEED_REFID

(Stand: 21.04.15 14:30)

Quelle Garantie Canon:

<http://www.slashcam.de/info/Kurznews--Nachgefragt--Magic-Lantern-und-die-Garantie-651540.html>

(Stand: 23.04.15 13:00)

Zitat Magic Lantern:

<http://www.magiclantern.fm/downloads.html>

(Stand: 23.04.15 13:00)

Funktionsweise Magic Lantern:

<http://fotoschule.fotocommunity.de/magic-lantern-teil-1/>

(Stand: 23.04.15 17:18)

Quelle 5D Firmaware-Änderung:

http://www.digitalkamera.de/Meldung/Firmwareupdate_1_2_3_fuer_die_Canon_EOS_5D_Mark_III/8562.aspx

(Stand: 24.04.15 13:00)

Quelle DryOS:

http://chdk.wikia.com/wiki/DryOS_Porting

(Stand: 25.04.15 15:00)

Quelle CHDK LISTE:

http://de.wikipedia.org/wiki/Canon_Hacker_Development_Kit

(Stand: 26.04.15 9:30)

Workflow:

<http://hackermovies.com/hackermovies-magic-lantern-raw-workflow-guide>

(Stand: 29.04.15 14:00)

De-Bayering:

http://www.arri.com/camera/alexa/workflow/working_with_arriraw/arriraw/de_bayering/

(Stand: 13.05.14 13:00)

http://www.film-tv-video.de/glossar_entries+M554ec2a1ab8.html?&type=0

(Stand: 13.05.15 13:00)

Blendenumfang Auge:

<http://www.bet.de/lexikon/Auge/>

(Stand: 19.05.15 11:30)

Nyquist-Frequenz:

http://www.uni-protokolle.de/Lexikon/Nyquist-Shannon_Abstasttheorem.html

(Stand: 20.05.15)

Zeiss Planar 50mm:

http://www.zeiss.de/camera-lenses/de_de/camera_lenses/slr-lenses/planart1450.html

(Stand: 27.05.15)

Blackmagic 4K

http://www.videodata.de/shop/products/de/Kameras-Camcorder/2K-4K/Blackmagic-Production-Camera-4K.html?refID=GOOGLE_RSS_FEED_REFID

(Stand: 04.06.15 12:00)

Arri Alexa Gewicht:

http://www.arri.com/camera/alexas/cameras/camera_details/alexas/subsection/technical_data/

(Stand: 16.06.15)


Canon 5D Mark III Gewicht:

http://www.arri.com/camera/alexas/cameras/camera_details/alexas/subsection/technical_data/

(Stand: 16.06.15)

Anlagen

Anlage 1: Begründung der Kameralimitierungen durch Canon



Datum: 28/04/2015
Bearbeitungsnummer: 1-4476874737

Sehr geehrter Herr Deutschmann,

vielen Dank für Ihre Anfrage bezüglich der Beschränkung der Videoaufnahmen bei unseren Digitalkameras.

Die Begrenzung auf eine Dateigröße von 4GB bzw. einer Maximaldauer von 29:59 min. bei Videoaufnahmen mit einigen unserer Digitalkameras ist u.a. auf Zollbestimmungen und erhöhte Abgaben bei Überschreitung dieser Grenze zurückzuführen. Unser Mutterkonzern Canon Inc. hat sich dazu entschieden, diese Grenze bei unseren Digitalkameras einzuhalten, da es sich in erster Linie um Geräte handelt, die Standbilder aufzeichnen und nur eine zusätzliche Möglichkeit der Videoaufnahme bieten. Eine gesetzliche Regelung besteht hierzu jedoch nicht.

Desweiteren besitzt die Dateigröße von 4 GB als maximale Größe einer Videodatei den Hintergrund, dass das für die meisten Flash-Speicher gängige Dateisystem FAT32 nur eine maximale Dateigröße von 4 GB zulässt. Aus diesem Grund erstellen Kameras, die nicht auf die oben genannte Maximaldauer begrenzt sind, wie z.B. die EOS 5D Mark III, mehrere Dateien mit einer Größe von jeweils maximal 4 GB, wenn eine Filmaufnahme eine größere Datenmenge benötigt.

Wir hoffen, dass unsere Erläuterungen Ihnen für Ihre Bachelor-Arbeit weiterhelfen und wünschen Ihnen dabei noch viel Erfolg.

Mit freundlichen Grüßen,

A. Jäger
Canon Services & Support

Telefonischer Helpdesk:
Tel.: 069 / 29 99 36 80
Geschäftszeiten: Montag bis Freitag, 9:00 bis 17:00 Uhr

Eigenständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe. Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht. Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Ort, Datum

Vorname Nachname